СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА



СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА

Под редакцией Э.А. Киреевой и С.А. Цырука



Москва 2007

УДК 621.316.004.1(03)
ББК 31.2
С 74

Рецензенты:
доктор техн. наук, профессор **А.Б.Кувалдин** (Московский энергетический институт),
А.В.Битиев (Энерго-механическое управление МГУП «Мосводоканал»)

Книга вышла при организационной поддержке Московского энергетического института (технического университета)

Авторы: **Э.А.Киреева, Л.В.Гусев, А.Г.Харитон, А.Н.Чохонелидзе, С.А.Цырук**

С74 **Справочник электрика** / Под ред. Э.А.Киреевой и С.А.Цырука. — М.: Колос, 2007. — 464 с.

ISBN 978-5-10-003969-3

Приведены технические характеристики основного электрооборудования напряжением до и выше 1000 В: силовые трансформаторы, КТП, КРУ, выключатели, плавкие предохранители, компенсаторы реактивной мощности, автоматические выключатели, пускатели, кабельные и воздушные линии, электродвигатели.

Даны сведения по трехфазным и однофазным счетчикам электроэнергии, измерительным трансформаторам тока и напряжения, токопроводам, современным диагностическим средствам для электрооборудования, освещению производственных помещений (лампы, светильники, комплектные осветительные устройства), электротехническим материалам, электрическим измерениям, защите электрооборудования, режимам работы нейтрали.

Приведены примеры расчетов и даны рекомендации по выбору плавких предохранителей, автоматических выключателей, сечений проводов и жил кабелей.

Справочник предназначен для инженеров, техников и мастеров, занятых в эксплуатации систем электроснабжения, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Может быть полезен студентам энергетических специальностей.

ISBN 978-5-10-003969-3

Раздел первый
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО И ВЫШЕ 1 КВ

1. Силовые трансформаторы

1.1.Общие сведения

Силовые трансформаторы выпускают в широком диапазоне номинальных мощностей и напряжений, в различных конструктивных исполнениях. Выбор трансформаторов заключается в определении их требуемого числа, типа, номинальных напряжений и мощности, а также схемы и группы соединения обмоток.

Классифицируют трансформаторы по различным признакам. Так, по способу охлаждения трансформаторы разделяют на сухие и масляные. В сухих трансформаторах основной изолирующей средой является твердый диэлектрик, а охлаждающей — атмосферный воздух. Систему охлаждения трансформатора принято условно обозначать следующим образом: естественное воздушное охлаждение при открытом исполнении — С, при защищенном исполнении — СЗ, при герметизированном исполнении — СГ и воздушном с дутьем — СД. В масляных трансформаторах основной изолирующей и теплоотводящей средой является трансформаторное масло. Такие трансформаторы могут иметь естественное масляное охлаждение (М), масляное с дутьем и естественной циркуляцией масла (ДЦ), масляно-водяное с естественной циркуляцией масла (МВ), масляно-водяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла (Ц), масляное с направленной циркуляцией масла (Ц′).

Кроме того, выпускают трансформаторы с заполнением негорючим жидким диэлектриком: естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком (Н), охлаждение с дутьем (НД). Трансформаторы с негорючим жидким диэлектриком устанавливают в тех производственных помещениях, где окружающая среда не допускает использования масляных трансформаторов (например, для крупных машинных залов).

Выбор типа трансформаторов осуществляется в зависимости от условий окружающей среды. Для наружной установки применяют

только масляные трансформаторы, а для внутренней — они не всегда рекомендуются в соответствии с ПУЭ.

Сухие трансформаторы применяют на промышленных предприятиях, в административных и общественных зданиях. Главное их преимущество: отсутствие горючего масла. Поэтому их можно устанавливать непосредственно в производственных и других помещениях без ограничения мощности, а также на любом этаже здания или в подвале.

Практика проектирования и эксплуатации показала, что число типов и исполнений трансформаторов, применяемых на одном предприятии, необходимо ограничивать. Это связано с тем, что разнообразие трансформаторов создает неудобства в обслуживании, вызывает дополнительные затраты на ремонт и осложняет резервирование и взаимозаменяемость.

Правильная эксплуатация силовых трансформаторов обеспечивает бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией, уменьшает потери мощности в трансформаторах.

Основные требования, предъявляемые к силовым трансформаторам в условиях эксплуатации, состоят в следующем.

1. Трансформатор должен обеспечивать надежное электроснабжение потребителей (предприятие, цех и т.п.). Это положение, при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий, обеспечивается правильным, технически и экономически обоснованным выбором числа и мощности трансформаторов для главных понизительных и цеховых подстанций с учетом категории потребителей. В эксплуатации же это положение обеспечивается ведением технически правильного режима работы трансформаторов и соответствующим надзором за их состоянием, а также применением автоматического включения резерва (АВР).
2. Режим работы трансформатора должен быть экономически целесообразным. Это требование выполняется созданием условий, обеспечивающих минимум потерь мощности в силовых трансформаторах при работе их по заданному графику нагрузки, соответствующей загрузкой трансформатора, устранением холостого хода (XX) трансформатора, отключением трансформаторов, работающих с малой загрузкой, и т.д. Ведение экономически целесообразного режима работы возлагается на оперативный и технический персонал отдела главного энергетика.
3. Установка трансформатора в условиях эксплуатации должна быть пожаробезопасной. Выполнение этого условия зависит от соблюдения норм и правил его эксплуатации, например, наличием слива

масла в случае его возгорания, наличием специальных ям с гравийным заполнением и т. д.

4. Трансформатор должен иметь соответствующие виды защит от различных видов повреждений и ненормальных режимов работы (от внутренних повреждений, многофазных коротких замыканий (КЗ) в обмотках и на их выводах, сверхтоков в обмотках, обусловленных внешними КЗ или возможными перегрузками, от понижения уровня масла и т. п.).

Кроме защит, трансформатор должен иметь необходимые измерительные приборы для контроля режима его работы.

В настоящее время рынок силовых трансформаторов огромен, и отечественные производители занимают на нем лидирующее положение.

Из масляных трансформаторов наиболее современными и совершенными по конструкции из выпускаемых странами СНГ для электрических сетей напряжением 6 и 10 кВ являются трансформаторы типа ТМГ. Они отличаются высокой надежностью и безопасностью в работе. Поставщиками этих трансформаторов являются предприятия ближнего и дальнего зарубежья, а также России.

1.2. Масляные трансформаторы серии ТМГ

Силовые трансформаторы этой и других серий — основная продукция Минского электротехнического завода им. В.И. Козлова.

Трансформаторы серии ТМГ имеют следующие конструктивные особенности: герметичное исполнение, отсутствие расширителя, воздушной или газовой подушки, отсутствие контакта масла с окружающей средой, что исключает окисление, увлажнение и шламообразование; систему предварительной дегазации масла и заливки его при глубоком вакууме, что увеличивает электрическую прочность изоляции. Для трансформаторов этой серии не требуются профилактические, текущие и капитальные ремонты в течение всего срока эксплуатации (25 лет). Кроме того, для ограничения давления в баках при перегрузках трансформаторы снабжают электроконтактным моновакуумметром, а для регулирования напряжения — переключателями с автоматическим внутренним фиксатором положений и контактами оптимальной формы, что исключает выход трансформаторов из строя по причине КЗ секций обмоток и повышает его надежность. Конструктивные особенности обеспечивают устойчивость трансформаторов при КЗ.

Силовые трансформаторы серии ТМГСУ выпускают с гофрированным баком и симметрирующим устройством. Благодаря этому

обеспечивается равномерное распределение напряжения по фазам даже при несимметричной нагрузке. Преимущество этих трансформаторов по сравнению с трансформаторами аналогичного назначения, имеющими схему и группу соединения обмоток $Y/Z_н$-11, в более низких потерях мощности КЗ и в возможности их параллельной работы с уже установленными трансформаторами со схемой и группой соединения обмоток $Y/Y_н$-0.

Трансформаторы серии ТМГСУ со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ и специальным симметрирующим устройством (СУ) являются самыми экономичными для четырехпроводных сетей 0,4 кВ с однофазной или смешанной нагрузкой. В этих трансформаторах отсутствует перегрев токами нулевой последовательности при неравномерной нагрузке фаз и при ее суммарной мощности, равной или ниже номинальной. Трансформаторы с симметрирующим устройством улучшают работу устройств защиты, повышают безопасность в электрической сети; в них снижено разрушающее воздействие токов однофазных КЗ на обмотки. Симметрирующее устройство улучшает также синусоидальность формы кривой напряжения при наличии в сети нелинейных нагрузок (сварочных агрегатов, люминесцентных ламп и др.), что важно при питании таких чувствительных к качеству электроэнергии устройств, как компьютеры, телевизоры и другие электронные устройства. Кроме того, СУ снижают уровень шума у трансформаторов со схемой соединения обмоток $Y/Y_н$ при их неравномерной загрузке по фазам.

Силовые трансформаторы серии ТМГМШ предназначены для потребителей с повышенными требованиями к уровню шума (жилые дома, больницы, общественные здания и др.), а также в местах с особыми требованиями по экологии. Кроме того, трансформаторы типа ТМГМШ являются энергосберегающими: у них сниженные, по сравнению с трансформаторами типа ТМГ, потери мощности холостого хода.

Трансформаторы серий ТМГ, ТМГСУ, ТМГМШ предназначены для работы в условиях умеренного (+45°С...–45°С) или холодного (+40°С...–60°С) климата. Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Регулирование напряжения осуществляется в диапазоне ±5% на полностью отключенном трансформаторе (ПБВ) переключением ответвлений обмотки ВН ступенями по 2,5%.

Технические характеристики трансформаторов серий ТМГ, ТМГСУ, ТМГМШ приведены в таблицах 1.1, 1.2, 1.3.

Таблица 1.1

Технические характеристики масляных трансформаторов серии ТМГ мощностью 16...1250 кВ·А

Номинальная мощность кВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Ток XX, %	Напряжение КЗ, %	Размеры, мм			Масса, кг	
	ВН	НН		XX	КЗ			L	B	H	масла	полная
16	6; 10	0,4	$Y/Y_{н}$-0	85	440	3,0	4,5	800	640	890	65	230
			$Y/Z_{н}$-11		500		5,0					
25	6; 10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	115	600	2,8	4,5	800	640	930	65	240
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		690		4,7					
	15	0,4	$Y/Y_{н}$-0	115	600	2,8	4,5			1000		280
			$Y/Z_{н}$-11		690		4,7					
	27,5		$Y/Y_{н}$-0	145	650	3,1	6,0	1100	800	1350	200	590
40	6; 10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	155	800	2,6	4,5	840	680	1000	88	300
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11				4,7					
	15	0,4	$Y/Y_{н}$-0	165	800	2,6	4,5			1100		350
			$Y/Z_{н}$-11				4,7					
63	6;10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	220	1280	1,8	4,5	940	730	1020	130	420
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		1470		4,7					
	15	0,4	$Y/Y_{н}$-0		1280		4,5			1100		
			$Y/Z_{н}$-11		1470		4,7					
100	6;10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	270	1970	1,6	4,5	1020	750	1180	152	540
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		2270		4,7					
	8,05	0,38	Y/Δ-11		1970		4,5					

Продолжение таблицы 1.1

Номинальная мощность кВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Ток ХХ, %	Напряжение КЗ, %	Размеры, мм			Масса, кг	
	ВН	НН		ХХ	КЗ			L	B	H	масла	полная
100	15	0,4	$Y/Y_{н}$-0	270	1970	1,6	4,5	1020	750	1240	175	540
			$Y/Z_{н}$-11		2270		4,7					
	27,5		$Y/Y_{н}$-0	320	1970	2,4	6,5	1260	840	1780	400	970
	35		$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		2270		6,8					
160	6;10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	410	2600	1,5	4,5	1100	780	1180	180	700
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		2900		4,7					
			$\Delta/Y_{н}$-11				4,5					
	15		$Y/Y_{н}$-0		2600							
			$Y/Z_{н}$-11		2900		4,7					
	27,5		$Y/Y_{н}$-0	480	2650	2,2	6,5	1350	860	1850	490	1245
	35		$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		3100		6,8					
250	6;10	0,23	$Y/Y_{н}$-0	580	3700	1,0	4,5	1220	840	1220	250	950
		0,4	$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11									
			$\Delta/Y_{н}$-11		4200							
	15		$Y/Y_{н}$-0		3700					1280	260	1160
			$Y/Z_{н}$-11		4200							
	27,5		$Y/Y_{н}$-0	700	3700	1,9	6,5	1450	950	1880	500	1550
	35		$Y/Y_{н}$-0									
			$Y/Z_{н}$-11		4200		6,8					

Окончание таблицы 1.1

Номинальная мощность кВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Ток XX, %	Напряжение КЗ, %	Размеры, мм			Масса, кг	
	ВН	НН		XX	КЗ			L	B	H	масла	полная
400	6; 10	0,4	Y/Y$_н$-0	830	5400	0,8	4,5	1300	860	1350	350	1360
			Δ/Y$_н$-11									
	8; 15	0,38	Y$_н$/Δ-11									
	15	0,4	Y/Y$_н$-0		5800					1410		
			Δ/Y$_н$-11									
	27,5		Y/Y$_н$-0	950	5500	1,9	6,5	1650	1000	1950	730	2190
	35		Y/Y$_н$-0									
630	6; 10	0,4	Y/Y$_н$-0	1240	7600	0,6	5,5	1540	1060	1470	545	2000
			Δ/Y$_н$-11									
	20		Δ/Y$_н$-11						1000		570	2100
1000	6; 10	0,4	Y/Y$_н$-0	1600	10800	0,5	5,5	1770	1100	1900	830	2900
			Δ/Y$_н$-11									
	20		Δ/Y$_н$-11									3100
1250	6; 10	0,4	Y/Y$_н$-0	1800	12400	0,5	6,0	1770	1100	1900	875	3600
			Δ/Y$_н$-11									

Таблица 1.2

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГСУ

Номинальная мощность, кВ·А	Потери, Вт		Ток XX,%	Напряжение КЗ,%	Размеры, мм			Масса, кг	
	XX	КЗ			L	B	H	масла	полная
25	115	600	2,8	4,5	900	530	930	65	280
40	155	880	2,6			560	1000	88	370
63	220	1280	1,8		940	730	1020	130	420
100	270	1970	1,2		1000	720	1180	152	540
160	410	2600	1,0		1120	750	1200	175	680
250	580	3700	0,8		1220	840	1220	250	950

Примечание:
1. Напряжение ВН 6(10) кВ; НН 0,4 кВ.
2. Схема и группа соединения обмоток $Y/Y_н$-0

Таблица 1.3

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГМШ

Номинальная мощность, кВА	Потери, Вт		Ток, XX,%	Напряжение КЗ,%	Размеры, мм			Масса, кг	
	XX	КЗ			L	B	H	масла	полная
25	85	600	2,8	4,5	810	560	940	65	240
40	105	880	2,6	4,5	850	585	1015	88	300
63	170	1280	1,8	4,5	960	725	1015	130	420
100	220	1970	1,2	4,5	1000	720	1180	152	540
160	320	2600	1,0	4,5	1120	750	1220	175	710
250	450	4200	0,8	4,5	1220	840	1320	260	1020
400	600	5600	0,6	4,5	1300	860	1480	355	1480
630	940	7600	0,5	5,5	1540	1060	1600	590	2100
1000	1250	10800	0,4	5,5	1770	1100	1900	835	3000

Примечание:
1. Напряжение ВН 6(10) кВ; НН 0,4 кВ

Сопротивление нулевой последовательности трансформаторов серии ТМГСУ в среднем в три раза меньше, чем у трансформаторов с соответствующими параметрами без симметрирующего устройства.

1.3. Трансформаторы серии ТМ
(Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова)

Трехфазные масляные трансформаторы серии ТМ предназначены для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей электроэнергии в условиях наружной или внутренней установки умеренного (от +40°С до –45°С) или холодного (от +40°С до –60°С) климата. Окружающая среда — невзрывоопасная, не содер-

Таблица 1.4

Технические характеристики трансформаторов серии ТМ

Номинальная мощность, кВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт		Ток XX,%	Напряжение КЗ,%	Размеры, мм			Масса, кг	
	ВН	НН		XX	КЗ			L	B	H	масла	полная
25	6; 10	0,23	Y/$Y_н$-0	115	600	2,8	4,5	1050	410	1060	72	260
		0,4	Y/$Z_н$-11									
	15		Y/$Y_н$-0					1120				
			Y/$Z_н$-11									
40	6; 10	0,23	Y/$Y_н$-0	155	880	2,6	4,5	1070	420	1135	89	317
		0,4	Y/$Z_н$-11									
	15		Y/$Y_н$-0					1040				
			Y/$Z_н$-11									
63	6; 10	0,23	Y/$Y_н$-0	220	1280	1,8	4,5	1060	660	1190	110	420
		0,4	Y/$Z_н$-11									
	15		Y/$Y_н$-0					1150				
			Y/$Z_н$-11									
1000	6; 10	0,4	Y/$Y_н$-0	1600	10800	0,5	5,5	2000	1100	2200	900	3000
			Y/$Z_н$-11									
1600	10	0,4	Δ/$Y_н$-11	2300	16500	0,4	6,0	2300	1325	2475	1250	4665

жащая пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Высота установки над уровнем моря не более 1 000 м.

Номинальная частота 50 Гц. Регулирование напряжения осуществляется в диапазоне до ±5% на полностью отключенном трансформаторе (ПБВ) переключением ответвлений обмотки ВН ступенями по 2,5%.

Температурные изменения объема масла в трансформаторах *компенсируются маслорасширителем* со встроенным воздухоосушителем, предотвращающим попадание в трансформатор влаги и промышленных загрязнений, поступающих с воздухом при температурных колебаниях уровня масла.

Баки трансформаторов мощностью 25, 40, 63 и 1 600 кВ·А — гладкие, мощностью 1 000 кВ·А — гофрированные.

Трансформаторы мощностью 1 000 и 1 600 кВ·А (по заказу потребителя) комплектуют газовым реле и (или) манометрическим сигнализирующим термометром.

1.4. Трансформаторы трехфазные масляные герметичные серий ТМГ и ТМГА *(ОАО «Электрозавод»)*

Трансформаторы трехфазные масляные герметичные 6–10/0,4 кВ применяют для питания электрооборудования жилых и общественных зданий, промышленных предприятий, сельскохозяйственных объектов, транспорта и т.д.

Трансформаторы выпускают в двух исполнениях:

- с медными обмотками — серия ТМГ и
- с алюминиевыми обмотками — серия ТМГА.

Трансформаторы соответствуют требованиям МЭК и Российским стандартам.

Преимущества трансформаторов:

- не нуждаются в обслуживании при эксплуатации;
- отсутствует контакт масла с воздухом, что обеспечивает сохранность изоляционных свойств масла в течение не менее 25 лет;
- более компактны, занимают мало места по сравнению с трансформаторами с расширителем и воздушной подушкой;
- малошумящие –уровень шума не превышает 55 дБ(А);
- сниженные на 15–20% потери холостого хода по сравнению с аналогичными трансформаторами других фирм.

Таблица 1.5

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГ

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Потери ХХ, Вт</th><th rowspan="2">Ток ХХ, %</th><th rowspan="2">Потерн КЗ, Вт</th><th rowspan="2">Напряжение КЗ,%</th><th colspan="3">Размеры, мм</th><th rowspan="2">Масса, кг</th></tr>
<tr><th>L</th><th>B</th><th>H</th></tr>
<tr><td>ТМГ-100/10-У1</td><td>280</td><td>2,2</td><td>1970</td><td rowspan="4">4,5</td><td>900</td><td>750</td><td>1080</td><td>575</td></tr>
<tr><td>ТМГ-160/10-У1</td><td>380</td><td>2,0</td><td>2600</td><td>1000</td><td>780</td><td>1170</td><td>780</td></tr>
<tr><td>ТМГ-250/10-У1</td><td>450</td><td>1,8</td><td>3700</td><td>1480</td><td>890</td><td>1230</td><td>1035</td></tr>
<tr><td>ТМГ-400/10-У1</td><td>650</td><td>1,6</td><td>5200</td><td>1540</td><td>890</td><td>1370</td><td>1530</td></tr>
<tr><td>ТМГ-630/10-У1</td><td>950</td><td>1,4</td><td>7500</td><td>5,5</td><td>1720</td><td>1000</td><td>1560</td><td>2100</td></tr>
<tr><td>ТМГ-1000/10-У1</td><td>1300</td><td>1,2</td><td>11000</td><td>6,0</td><td>1720</td><td>1080</td><td>1800</td><td>3030</td></tr>
</table>

Таблица 1.6

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГА

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Потери ХХ, Вт</th><th rowspan="2">Ток ХХ, %</th><th rowspan="2">Потери КЗ, Вт</th><th rowspan="2">Напряжение КЗ,%</th><th colspan="3">Размеры, мм</th><th rowspan="2">Масса, кг</th></tr>
<tr><th>L</th><th>B</th><th>H</th></tr>
<tr><td>ТМГ-25/10-У1</td><td>130</td><td>6,0</td><td>600</td><td rowspan="7">4,5</td><td rowspan="3">776</td><td>650</td><td>860</td><td>290</td></tr>
<tr><td>ТМГ-40/10-У1</td><td>150</td><td>5,0</td><td>800</td><td rowspan="2">752</td><td>900</td><td>350</td></tr>
<tr><td>ТМГ-63/10-У1</td><td>200</td><td>4,0</td><td>1280</td><td>970</td><td>400</td></tr>
<tr><td>ТМГ-100/10-У1</td><td>280</td><td>3,5</td><td>1970</td><td rowspan="2">1038</td><td rowspan="2">798</td><td>1055</td><td>595</td></tr>
<tr><td>ТМГ-160/10-У1</td><td>350</td><td>3,0</td><td>2600</td><td>1125</td><td>688</td></tr>
<tr><td>ТМГ-250/10-У1</td><td>560</td><td>2,5</td><td>3700</td><td rowspan="2">1362</td><td rowspan="2">838</td><td>1218</td><td>1010</td></tr>
<tr><td>ТМГ-400/10-У1</td><td>650</td><td>2,0</td><td>5200</td><td>1478</td><td>1330</td></tr>
<tr><td>ТМГ-630/10-У1</td><td>1000</td><td>1,5</td><td>7600</td><td>5,5</td><td>1412</td><td>922</td><td>1528</td><td>1855</td></tr>
<tr><td>ТМГ-1000/10-У1</td><td>1350</td><td>1,2</td><td>11200</td><td>6,0</td><td>1712</td><td>1072</td><td>1807</td><td>2690</td></tr>
</table>

Таблица 1.7

Технические характеристики силовых трехфазных трансформаторов типа ТНЭЗ* с негорючим жидким наполнителем на напряжение 6–10 кВ (ОАО «Уралэлектротяжмаш»)

Параметры	Тип трансформатора						
	ТНЭЗ-160/10	ТНЭЗ-250/10	ТНЭЗ-400/10	ТНЭЗ-630/10	ТНЭЗ-1000/10	ТНЭЗ-1600/10	ТНЭЗ-2500/10
Номинальная мощность, кВ·А	160	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение сети, кВ	6; 6,3; 10; 10,5						
Вторичное напряжение, В	400						
Номинальный ток обмотки НН, А	231	361	577	909	1440	2310	3610
Напряжение КЗ,%	4,1	4,8	4,3	5,3	5,6	5,7	6,4
Потери КЗ, кВт	2,28	3,25	4,5	6,8	10,5	15,6	22,0
Ток XX,%	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
Масса жидкости, кг	280	350	415	560	770	1350	2075
Масса полная, кг	1200	1400	1615	2250	3170	4820	7300
Габаритные размеры ($L \times B \times H$), мм:	1550×870×1500	1620×900×1560	1700×915×1590	1910×1110×1755	2140×1160×1790	2245×1445×2145	2500×2190×2490

* Т — трехфазный; Н — охлаждение естественное негорючим диэлектриком, Э — экологически чистый диэлектрик; З — герметизированный; частота 50(60) Гц.

1.5. Сухие трансформаторы серий ТСГЛ, ТСЗГЛ, ТСЗГЛФ
(Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова)

Трансформаторы силовые сухие трехфазные с геафолевой литой изоляцией серии ТСГЛ, ТСЗГЛ (с вводами ВН внутри кожуха) и ТСЗГЛФ (с вводами ВН, выведенными на фланец, расположенный на торцевой поверхности кожуха) напряжением до 10 кВ предназначены для работы в электрических сетях потребителей электроэнергии переменного тока номинальной частотой 50 Гц.

Трансформаторы комплектуют обмотками фирмы «Siemens». Класс нагревостойкости обмоток F.

Для изоляции обмоток используется эпоксидный компаунд с кварцевым наполнителем (геафоль). Дополнительно обмотки усилены стеклотканью, что исключает возникновение трещин в эпоксидном компаунде даже при перегрузке трансформаторов. Геафоль не оказывает вредного влияния на окружающую среду, не выделяет токсичных газов даже при воздействии дуговых разрядов. Благодаря такой изоляции обмотки не требуют технического обслуживания.

Трансформаторы могут работать в сетях, подверженных грозовым и коммутационным перенапряжениям, имеют низкий уровень шума, высокую устойчивость к токам КЗ.

Трансформаторы экологически и пожаробезопасны, могут устанавливаться в местах, требующих повышенной безопасности (метро, шахтах, кинотеатрах, жилых и общественных зданиях), в местах с повышенными требованиями к охране окружающей среды (водозаборных станциях, спортивных сооружениях, курортных зонах), на промышленных предприятиях, металлургических комбинатах, химических производствах, электростанциях в непосредственной близости от центра нагрузки, что позволяет избежать издержек, связанных со строительством подстанций, обеспечивает экономию распределительных шин и кабелей низкого напряжения, уменьшает в них потери электроэнергии.

Регулирование напряжения до ±5% ступенями 2,5% осуществляется на полностью отключенном трансформаторе (ПБВ) путем перестановки перемычек.

Для защиты от перегрева трансформаторы комплектуют устройством тепловой защиты, управляемым термисторами, встроенными в обмотки НН.

Трансформаторы предназначены для работы в помещениях, в условиях умеренного климата (от +40°С до –45°С). Относительная влажность воздуха 75% при 15°С. Окружающая среда — невзрывоопасная, не содержит пыль в концентрациях, ухудшающих параметры изделий в недопустимых пределах. Высота установки над уровнем моря не более 1000 м.

Трансформаторы ТСГЛ изготавливают со степенью защиты IP 00 (без кожуха), ТСЗГЛ и ТСЗГЛФ-IP 21 (с кожухом). Технические характеристики трансформаторов приведены в табл. 1.8.

1.6. Сухие трансформаторы *(ЗАО «Электрофизика»)*

Трансформаторы сухие ЗАО «Электрофизика» выпускают мощностью от 100 до 6300 кВ·А и напряжением до 24 кВ по лицензии фирмы «MORA Transformer AB».

Трансформаторы рассчитаны на длительный режим работы в жестких климатических условиях и отличаются высокой надежностью, пожаробезопасны, экологичны и экономичны.

В конструкциях трансформаторов использованы новые изоляционные материалы, открытые обмотки из меди, пропитанные под вакуумом полиэстерными смолами и полимеризированные при высокой температуре, а также ряд оригинальных конструкторских решений и передовых технологий. Этим достигается соответствие высоким эксплуатационным требованиям.

Таблица 1.8

Технические характеристики трансформаторов серий ТСГЛ, ТСЗГЛ, ТСЗГЛФ

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Потери мощности, Вт		Ток XX, % (I_x)	Напряжение КЗ при 75°С, %, ($U_к$)	Корректированный уровень звуковой мощности, дБ(А)	Размеры, мм			Масса, кг
		XX	КЗ				L	B	H	
ТСГЛ	100	0,6	1,3	2,0	4,0	59	1250	700	900	750
ТСЗГЛ							1600	1100	1400	900
ТСГЛ	160	0,65	2,15	1,4	4,0	62	1300	710	1000	850
ТСЗГЛ							1650	1100	1500	1000

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Потери мощности, Вт		Ток ХХ, % (I_x)	Напряжение КЗ при 75°С, %, ($U_к$)	Корректированный уровень звуковой мощности, дБ(А)	Размеры, мм			Масса, кг
		ХХ	КЗ				L	B	H	
ТСГЛ	250	0,9	3,0	2,5	5,5	65	1420	770	1150	1200
ТСЗГЛ							1850	1170	1745	1500
ТСГЛ	400	1,2	3,9			68	1420	770	1300	1550
ТСЗГЛ							2050	1170	1745	1705
ТСЗГЛФ							2085		2185	1760
ТСГЛ	630	1,65	5,73	2,0		71	1520	1000	1500	1950
ТСЗГЛ							2050	1250	1970	2180
ТСЗГЛФ							2095		2170	2200
ТСГЛ	1000	2,15	8,4	1,5	6,0; 8,0	74	1720	1000	1700	2900
ТСЗГЛ							2245	1250	2170	3150
ТСЗГЛФ							2295			3170
ТСГЛ	1600	2,6	11,8	1,0		76	1950	1000	1950	4600
ТСЗГЛ							2505	1250	2380	4900
ТСЗГЛФ							2550			4920
ТСГЛ	2500	4,4	16,4	0,5		78	2000	1400	2150	5200
ТСЗГЛ							2600	1600	2400	5500

Таблица 1.9

Сравнительные характеристики трансформаторов ЗАО «Электрофизика» с трансформаторами с литой изоляцией из смеси эпоксидной смолы и кварцевой муки

Наименование характеристики трансформатора	Трансформатор с литой изоляцией	Трансформатор ЗАО «Электрофизика»
Возможность возникновения частичного разряда	Уровень возникновения частичного разряда $1{,}2 \times U_{ном}$	Нет
Электрическая прочность — отношение грозового испытательного импульса к номинальному напряжению	30 кВ/145 кВ	10 кВ/75 кВ
		24 кВ/180 кВ
Класс изоляции	F (155°С)	F (155°С)/Н(180°С)

Окончание таблицы 1.9

Наименование характеристики трансформатора	Трансформатор с литой изоляцией	Трансформатор ЗАО «Электрофизика»
Перегрузочная способность для класса изоляции F (155°C)	Увеличение нагрузки на 40% требует установки дополнительной вентиляции	Увеличение нагрузки до 120% не требует дополнительной вентиляции. Увеличение нагрузки на 40% — трансформатор работает без дополнительной вентиляции более 1 часа
Условия эксплуатации	От –25°C до +40°C	От –50°C до +50°C
Материал обмоток высокого и низкого напряжения	Алюминий	Медь
Подключение обмоток высокого и низкого напряжения	Непосредственно на выводные концы катушек	Через опорные изоляторы, выбранные с учетом механических нагрузок, возникающих при КЗ
Пожароопасность:		
а) способность самовозгорания (сравнительная)	5–10	1
б) содержание токсичных добавок в изоляции	Да	Нет
в) генерация дыма в случае пожара	Немного	
Экологическая рециркуляция материала проводника катушек	Нет	Да

1.7. Сухие трансформаторы серии Trihal *(Schneider Electric)*

Сухие трансформаторы серии Trihal с литой эпоксидной изоляцией, залитой в глубоком вакууме, предназначены для распределительных электрических сетей напряжением 6, 10 и 20 кВ.

Трансформаторы серии Trihal имеют следующие преимущества.

1. Отличаются исключительными противопожарными свойствами благодаря добавке тригидрата алюминия в эпоксидное литье.

В случае возгорания добавка обеспечивает:

- образование оксида алюминия, создающего вокруг обмотки огнеупорный отражающий слой;
- образование «рубашки» из водяного пара;
- интенсивный отвод тепла от обмотки.

В результате действия трех указанных выше факторов температура обмоток никогда не достигает температуры вспышки изоляции и происходит незамедлительное самогашение.

2. Низкий уровень частичных разрядов благодаря особой технологии намотки и заливке в глубоком вакууме.
3. Каждый серийно выпускаемый трансформатор отвечает одновременно требованиям:

- по классу огнестойкости (F1);
- по воздействию окружающей среды (частая конденсация и сильное загрязнение — E2);
- по климатическим воздействиям (C2).

4. Малые габариты и вес.

Трансформаторы серии Trihal соответствуют требованиям безопасности и нормативным документам в системе сертификации ГОСТ Р.

Рабочий диапазон температур: –25°C…+40°C.

Таблица 1.10

Технические характеристики трансформаторов серии Trihal

Номинальная мощность, кВ·А	160	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500
Номинальное напряжение обмотки ВН, кВ	6, 10								
Номинальное напряжение обмотки НН, кВ	0,4								
Способ и диапазон регулирования	ПБВ; + 2×2,5%								
Потери XX, кВт	0,61	0,82	1,0	1,37	2,0	2,5	2,8	3,5	4,3
Потери при нагрузке при 75°C, кВт	2,3	3,1	4,5	6,7	8,8	10,5	12,3	14,9	18,3
Потери при нагрузке при 120°C, кВт	2,7	3,5	5,2	7,6	10,0	12,0	14,0	17,0	21,0
Напряжение КЗ,%	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Акустическая мощность L_{wa}, дБ	62	65	68	70	73	75	76	77	81
Акустическое давление на расстоянии 1 м L_{pa}, дБ	50	53	56	57	59	61	61	61	65

Размеры и масса трансформаторов серии Trihal даны в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Массогабаритные параметры трансформаторов серии Trihal (без защитного кожуха IP00)

Номинальная мощность (кВ·А)	160	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500
Размеры, мм:									
длина	990	1070	1295	1395	1490	1515	1605	1680	1830
ширина	665	680	795	810	945	945	945	1195	1195
высота	1330	1370	1335	1520	1660	1810	1880	2105	2200
Масса, кг	770	950	1230	1660	2200	2510	2980	3600	4730

Таблица 1.12

Массогабаритные параметры трансформаторов серии Trihal (в металлическом корпусе IP31)

Номинальная мощность (кВ·А)	160	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500
Размеры, мм:									
длина	1650	1650	1700	1700	2000	2000	2000	2250	2250
ширина	950	950	1020	1020	1170	1170	1170	1270	1270
высота	1750	1750	1900	1900	2400	2400	2400	2600	2600
Масса, кг	1030	1210	1500	1930	2480	2700	3350	4420	5850

Перегрузки трансформаторов без сокращения срока службы допускаются при условии, что они компенсируются рабочей нагрузкой, меньшей, чем номинальная мощность.

Трансформатор, рассчитанный на работу при температуре окружающей среды 40°С, может использоваться при более высокой температуре с уменьшением мощности, как показано ниже:

Максимальная температура окружающей среды	**Допустимая нагрузка**
40°С	Р
45°С	0,97Р
50°С	0,94Р
55°С	0,90Р

1.8. Сухие трансформаторы серии ТЛС *(ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока»)*

Трансформаторы серии ТЛС представляют собой трехфазные сухие силовые трансформаторы с обмотками, залитыми эпоксидным компаундом.

Трансформаторы разработаны для нужд электроэнергетики и могут использоваться для питания собственных нужд КРУ, КТП, а также для электропитания жилых и промышленных объектов.

Литые обмотки трансформатора имеют высокую механическую прочность и влагостойкость, а использование при изготовлении только медного провода улучшает термические и динамические характеристики трансформатора.

Трансформаторы ТЛС изготавливают на напряжение 6 и 10 кВ, климатического исполнения «УХЛ».

Наличие отпаек на стороне высокого напряжения позволяет регулировать напряжение без возбуждения до ±5% с шагом в 2,5%.

При изготовлении магнитопроводов использованы новые технологии шихтовки, что позволило снизить уровень шума трансформатора. Применение новых технологий при изготовлении трансформаторов серии ТЛС обеспечило высокую надежность, минимум затрат на обслуживание, экологическую и пожарную безопасность, простоту установки и эксплуатации, малые габариты и современный дизайн.

Рабочий диапазон температур: –50°С ... +50°С.

Технические характеристики сухих трансформаторов серии ТЛС-40

	ТЛС-40/10	ТЛС-40/6
Номинальное напряжение обмотки ВН, кВ	10	6
Номинальное напряжение обмотки НН, кВ	0,4	0,4
Наибольшее рабочее напряжение ВН, кВ	12	7,2
Вид переключения ответвлений	ПБВ	ПБВ
Регулирование напряжения обмотки ВН, %	±2×2,5	±2×2,5
Номинальный ток обмотки ВН, А	2,31	3,84
Номинальный ток обмотки НН, А	57	57
Номинальная мощность, кВ·А	40	40
Номинальная частота, Гц	50	73
Ток холостого хода,%	1,5	1,5
Потери холостого хода, кВт	0,23	0,23
Напряжение короткого замыкания, %	1,6	1,6
Потери короткого замыкания, кВт	0,55	0,55
Сопротивление изоляции обмоток, МОм, не менее:		
– обмотка ВН – Обмотка НН + корпус	1000	1000
– обмотка НН – Обмотка ВН + корпус	1000	1000
Схема и группа соединения обмоток	$Y/Y_н$-0	$Y/Y_н$-0
Кратность тока включения на холостой ход, не менее	8,5	8,5
Испытательное индуктированное напряжение частоты 400 Гц, кВ	$2 \cdot U_{ном}$	$2 \cdot U_{ном}$
Испытательное приложенное напряжение обмотки НН, кВ	5	5

Допустимые послеаварийные перегрузки для сухих трансформаторов

$k^*_{д.п}$ для сухих трансформаторов	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$t^{**}_{д.п}$, мин	60	45	32	18	5

* Коэффициент допустимой перегрузки.
**Продолжительность допустимой перегрузки.

Таблица 1.13

Технические характеристики силовых трехфазных сухих защищенных трансформаторов общего назначения мощностью от 10 до 160 кВ·А на напряжение 660 В

Тип	Мощность, кВ·А	$u_к$, %	Потери, кВт		$I_х$,%	Масса трансформатора, кг	Размеры, мм		
			ХХ	КЗ			*H*	*L*	*B*
ТСЗ-10/0,66	10	4,5	0,09	0,28	7,0	150	650	700	440
ТСЗ-16/0,66	16	4,5	0,125	0,4	5,8	180	680	760	480
ТСЗ-25/0,66	25	4,5	0,18	0,56	4,8	240	720	820	520
ТСЗ-40/0,66	40	4,5	0,25	0,8	4,0	320	820	890	540
ТСЗ-63/0,66	63	4,5	0,355	1,09	3,3	440	920	970	580
ТСЗ-100/0,66	100	4,5	0,5	1,5	2,7	580	980	1060	620
ТСЗ-160/0,66	160	4,5	0,71	2,06	2,3	800	1150	1150	680

Примечания:

1. Номинальные напряжения ВН 380, 500 и 660 В, НН 230 и 440 В.
2. Обмотки ВН соединены в звезду; начала и концы фаз обмоток НН выведены на панель зажимов, что позволяет соединять обмотки НН в звезду или треугольник.
3. Обмотки ВН — ПБВ ±5%.

Таблица 1.14

Технические характеристики силовых трехфазных сухих защищенных трансформаторов общего назначения мощностью от 160 до 1600 кВ·А на напряжение 10 и 15 кВ

Тип	Мощность, кВ·А	$u_к$, %	Потери, кВт		$I_х$,%	Масса трансформатора, кг	Размеры, мм		
			ХХ	КЗ			*H*	*L*	*B*
ТСЗ-160/10	160	5,5	0,7	2,7	4,0	1400	1700	1800	950
ТСЗ-160/10	250	5,5	1,0	3,8	3,5	1800	1850	1850	1000
ТСЗ-160/10	400	5,5	1,3	5,4	3,0	2400	2150	2250	1000
ТСЗ-160/10	630	5,5	2,0	7,3	1,5	3400	2300	2250	1100
ТСЗ-160/10	1000	5,5	3,0	11,2	1,5	4600	2250	2400	1350
ТСЗ-160/10	1600	5,5	4,2	16,0	1,5	6500	3200	2650	1350
ТСЗ-160/10	250	8,0	1,1	4,44	4,0	2200	1850	2300	1200
ТСЗ-160/10	400	8,0	1,4	6,0	3,5	2700	2150	2450	1200
ТСЗ-160/10	630	8,0	2,3	8,7	2,0	4000	2350	2450	1350
ТСЗ-160/10	1000	8,0	3,2	12,0	2,0	5000	2750	2550	1350
ТСЗ-160/10	1600	8,0	4,3	16,0	2,0	6800	3200	2600	1350
Трансформаторы для собственных нужд электростанций									
ТСЗ-160/10	630	8,0	2,0	8,5	2,0	3800	2300	2250	1100
ТСЗ-160/10	1000	8,0	3,0	12,0	2,0	5600	2550	2400	1350

Трансформаторы (табл. 1.15) отличает экологическая безопасность, исключительные взрыво- и пожаробезопасность, высокая динамическая стойкость обмоток к токам КЗ, низкий уровень частичных разрядов, малошумность, малые габариты.

Таблица 1.15

Технические характеристики трансформаторов типов ТСЛ и ТСЗЛ

Тип	Мощ-ность, кВ·А	Потери ХХ, кВт	Потери КЗ, кВт	Напряжение КЗ, %	Номинальные напряжения обмоток, кВ	
					ВН	НН
ТСЛ-400/10-УЗ	400	1,0	4,5	6,0	10,5; 10; 6,3; 6,0	0,4
ТСЗЛ-400/10-УЗ						
ТСЛ-630/10-УЗ	630	1,37	6,7			
ТСЗЛ-630/10-УЗ						
ТСЛ-1000/10-УЗ	1000	2,0	8,8			
ТСЗЛ-1000/10-УЗ						
ТСЛ-1250/10-УЗ	1250	2,5	10,5			
ТСЗЛ-1250/10-УЗ						
ТСЛ-1600/10-УЗ	1600	2,8	12,3			
ТСЗЛ-1600/10-УЗ						
ТСЛ-2500/10-УЗ	2500	4,3	18,3			
ТСЗЛ-2500/10-УЗ						
Примечание: 1. Схема и группа соединения обмоток $\Delta/Y_н$-11.						

1.9. Трансформаторы силовые трехфазные сухие с литой изоляцией серии aTSE 63-1600 кВ·А/6, 10, 20 кВ

Таблица 1.16

Технические характеристики трехфазных сухих трансформаторов с литой изоляцией серии aTSE

Мощность, кВ·А	$U_{ном}$, ВН, кВ	Потери, Вт		I_x, %	Уровень шума, dB(A)			
		ХХ	КЗ		IP00		IP23	
					L_{pa}	L_{wa}	L_{pa}	L_{wa}
63	6,10	250	1500	0,90	44	57	44	58
100	6,10	360	1900	0,80	46	57	45	60
160	6,10	460	2650	0,60	48	60	46	62
250	6,10	700	3600	0,55	50	63	49	65
	20	800						
400	6,10	900	4700	0,40	53	67	52	68
	20	1000						
630	6,10	1300	6500	0,35	55	70	54	72
	20	1400						
1000	6,10	1700	8750	0,30	56	71	55	73
	20	1900	8900					
1250	6,10	2300	11500	0,30	58	75	57	77
	20	2500						

Мощность, кВ·А	$U_{ном}$, ВН, кВ	Потери, Вт		I_x, %	Уровень шума, dB(A)			
		ХХ	КЗ		IP00		IP23	
					L_{pa}	L_{wa}	L_{pa}	L_{wa}
1600	6,10	2600	13000	0,25	58	75	57	77
	20	2800						

Дополнительные характеристики

Номинальное высшее напряжение, кВ. . . . . 6 ;10; 20
Максимальное рабочее высшее напряжение, кВ 7,2; 12; 24
Напряжение КЗ,% (при 75°С) 6; 6; 6
Нагрузка . . . . Длительная
Класс нагревостойкости . . . . F; F; F
Частота, Гц 50; 50; 50
Ответвления обмоток . . . . ±2×2,5%
Температура окружающего воздуха, °С. . . . . –45...+40°С
(при среднесуточной +30°С и среднегодовой +20°С)

Трансформаторы производятся в рамках совместного проекта Российских компании ООО «ИНВАР-ЭЛТРАНС», ОАО «МОСЭНЕРГО» и Словацкой компании «BEZ TRANSFORMATORY»a.s. Трансформаторы соответствуют стандартам РФ (ГОСТ 11677-85). Трансформаторы aTSE являются пожаробезопасными, что позволяет размещать их в технических помещениях непосредственно внутри жилых и административных зданий. На производстве трансформаторы aTSE могут применяться как на новых, так и при реконструкции существующих объектов, в особенности при замене трансформаторов с совтоловым наполнителем. Трансформаторы допускают перегрузку до $k = 1.5$, обладают пониженными потерями ХХ и КЗ, пониженными шумами. Условия нагрузки трансформаторов соответствуют стандартам РФ и превосходят стандарты МЭК 60905.

Данный тип трансформатора принят Мосэнерго в качестве типового для применения в распределительных сетях г. Москвы. Трансформаторы успешно прошли дополнительные испытания на динамическую стойкость при коротком замыкании. Магнитная система изготовлена из ориентированной листовой трансформаторной стали по методу «степ-лап», благодаря чему достигаются особенно низкие значения тока холостого хода и уровень шума. Компактность магнитной системы достигается клейкой или бандажом сердечников. Муфты стянуты стальной конструкцией. Магнитная система с обмоткой крепится на шасси, которое можно переставить на продольный или поперечный ход. Ширина колеи и размеры колес приводятся в таблице размеров.

Обмотки трансформатора класса нагревостойкости «F» изготовлены из алюминиевых проводов. Обмотка высшего напряжения (ВН) залита эпоксидной смолой, а обмотка низшего напряжения (НН) пропитана электроизоляционным лаком.

Подключение высшего напряжения осуществляется при помощи кабелей или сборных шин на выводы обмотки ВН. Низшее напряжение подводится к выводным лентам, размещенным в верхней части трансформатора.

Трансформаторы выпускают со степенью защиты IPOO или 1P23. Кожух изготавливается из стального листа. После установки трансформатора подвесные гайки демонтируются.

Трансформаторы поставляют с встроенной тепловой защитой, а в случае исполнения в кожухе предусмотрено предохранительное дверное устройство.

От перегрева трансформаторы защищены тепловой защитой, встроенной в обмотку низшего напряжения и выведенной на клеммы теплового реле с питающим напряжением 220 В переменного тока, 110 В или 220 В постоянного тока.

Реле расположены на нижней раме трансформатора. Рабочее напряжение соединяющих контактов равно 220 В, ток 2,5 А. Тепловая защита имеет два каскада. Первый каскад является сигнализационным, а второй установлен на предельную наибольшую температуру. По желанию заказчика, трансформаторы поставляются также с термозащитой при помощи термометров сопротивления типа Pt 100.

1.10. Сухие трансформаторы с литой изоляцией TTA-RES *(ООО «Специнжэлектро»)*

ООО «Специнжэлектро» представляет на российском рынке линейку сухих трансформаторов с литой изоляцией TTA-RES, выпускаемых итальянским заводом Elettromeccanica di Marnate) по специальному проекту для России и Москвы, отличающуюся более жесткими требованиями по шумовым характеристикам, огнестойкости, потерям холостого хода и короткого замыкания.

Трансформаторы типа TTA-RES представляют собой трехфазный трансформатор сухого типа с изоляцией из эпоксидной смолы с наполнителем, залитой в вакууме.

Обмотка высокого напряжения: изоляция из смолы, залитой в вакууме. Процесс заливки полностью контролируется компьютером. Сама обмотка изготовлена из алюминиевой фольги для оптимизации тепловых характеристик. Наполнитель из инертных газов обеспечивает высокое качество изоляции.

Магнитный сердечник состоит из трех колонн, выполненных из магнитной стали с оптимальной зернистой структурой, возможно изготовление сердечника с нормальным и уменьшенным уровнем потерь.

Обмотка низкого напряжения изготовлена из алюминиевой фольги и изоляционных материалов, пропитанных в вакууме.

Эпоксидная литая изоляция имеет превосходную огнестойкость и способность к самозатуханию; более того, превосходные эксплуатационные показатели.

Контроль за рабочей температурой трансформатора осуществляется с помощью термодатчиков PT и PTC, установленных в обмотке низкого напряжения.

Преимущества сухих трансформаторов типа TTA-RES:

- компактность;
- высокий уровень безопасности при монтаже и обслуживании;
- простота монтажа благодаря конструкции контактных площадок высокого и низкого напряжения;
- стойкость к коротким замыканиям;
- малые эксплуатационные расходы;
- специальный проект для России и Москвы.

Таблица 1.17

Технические характеристики сухих трансформаторов типа TTA-RES

Номинальная мощность, кВ·А	Напряжение КЗ, %	Потери XX, Вт	Потери КЗ при 120°С, Вт	Потери КЗ при 75°С, Вт	Ток XX, %	Уровень шума L_{wA}, дБ	Уровень шума L_{pA}, дБ
250	6	670	3800	3340	1,3	45	58
400	6	920	5500	4890	1,1	47	60
630	6	1290	7800	6940	0,9	48	62
1000	6	1800	11000	9800	0,8	50	64
1250	6	2000	13000	11600	0,7	52	66
1600	6	2420	16000	14240	0,6	53	68
2000	6	2920	19000	17100	0,5	54	70
2500	6	4300	23000	20700	0,4	55	71
3150	7	4800	27000	24300	0,35	59	74

Таблица 1.18

Габаритные характеристики трансформаторов типа TTA-RES

Номинальная мощность, кВ·А	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
250	1250	640	1240	950
400	1350	750	1390	1300
630	1500	850	1630	1750
1000	1550	1000	1685	2400
1250	1550	1000	1810	2850
1600	1750	1000	2100	3500
2000	1950	1310	2200	4200
2500	1950	1310	2300	5000
3150	2150	1310	2350	6000

Дополнительные характеристики

Номинальное высокое напряжение, кВ. 10
Номинальное низкое напряжение, кВ 0,4
Регулирование напряжения . . . . ±2×2,5%
Схема и группа соединений обмоток. . . . . $\Delta/Y_н$-11
Класс нагревостойкости. F/F1
Степень защиты IP23
Частота, Гц 50

2. Комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства

2.1. Комплектные трансформаторные подстанции (КТП)

2.1.1. Общие сведения

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) применяют для приема, распределения и преобразования электрической энергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

В каждом КТП может быть один, два или три трансформатора.

По роду установки КТП могут быть:

- внутренней установки с масляными, сухими или заполненными негорючей жидкостью трансформаторами;
- наружной установки (только с масляными трансформаторами);
- смешанной установки с расположением РУ ВН и трансформатора снаружи, а РУ НН внутри помещения.

КТП можно разделить на четыре группы.

1. КТП наружной установки мощностью 25…400 кВ·А, напряжением 6…35/0,4 кВ, применяемые для электроснабжения объектов сельскохозяйственного назначения (в основном мачтовые подстанции). КТП данной группы состоят из шкафа ввода ВН, трансформатора и шкафа НН, укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.
2. КТП внутренней и наружной установки напряжением до 10 кВ включительно мощностью 1600…2500 кВ·А, которые в основном используются для электроснабжения промышленных предприятий.

КТП этой группы состоят из шкафов ввода на напряжение 10 кВ и РУ напряжением до 1 кВ. Для КТП применяют как масляные, так и заполненные негорючей жидкостью или сухие трансформаторы специального исполнения с боковыми выводами, для КТП наружной установки — только масляные.

3. Сборные и комплектные ТП напряжением 35…110/6…10 кВ. Со стороны ВН подстанции комплектуются открытыми РУ напряжением 35…110 кВ, со стороны 6…10 кВ — шкафами КРУН наружной установки.
4. КТП специального назначения, перевозимые на салазках, напряжением 6…10 кВ, мощностью 160…630 кВ·А, которые выпускают для электроснабжения стройплощадок, рудников, шахт, карьеров.

2.1.2. Комплектные трансформаторные подстанции в металлических модулях (ОАО «ПО Элтехника»)

Комплектные трансформенные подстанции в металлической оболочке на напряжение 6(10)/0,4 кВ мощностью от 100 кВ·А до 1600 кВ·А применяют для электроснабжения промышленных предприятий, предприятий добывающей промышленности, объектов инфраструктуры. КТП производства ОАО «ПО Элтехника» могут транспортироваться любым видом транспорта, благодаря чему их удобно использовать в районах со слабо развитой инфраструктурой.

Комплектные распределительные пункты (КРП) на напряжение 6 и 10 кВ на базе КТП производства «ПО Элтехника» имеют модульную конструкцию и позволяют реализовать любые схемные решения.

Модульные РП и ТП производства ОАО «ПО Элтехника» в полной мере отвечают нуждам энергетиков.

Преимущества модульных РП и ТП:

- компактность;
- полная заводская готовность;
- быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию;
- возможность изготовления схем любой степени сложности;
- применение высококачественных материалов и комплектующих;
- комплектация высококачественным оборудованием собственного производства.

Технические характеристики КТП ОАО «ПО Элтехника»

Мощность силового трансформатора, кВ·А	до 1600
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Номинальный ток на стороне ВН, А	1250
Номинальный ток на стороне НН, А	до 6300
Ток термической стойкости на стороне ВН, кА/2 с	20
Ток термической стойкости на стороне НН, кА/1 с	до 100
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	51
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	до 275
Тип ввода РУВН	кабельный / воздушный
Размеры модулей (мм):	
– ширина	2438
– высота	2900
– длина	6000; 9000; 12000

В КТП используются маслонаполненные силовые трансформаторы МЭЗ им. Козлова, производства Укрэлектроаппарат и др.; сухие трансформаторы производства ООО «Электрофизика», TESAR (Италия) и др.

2.1.3. Блочные комплектные трансформаторные подстанции в бетонных оболочках (ОАО «ПО Элтехника»)

БКТПБ — блочные комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке напряжением 6(10)/0,4 кВ мощностью до 1250 кВ·А предназначены для электроснабжения жилищно-коммунальных, промышленных объектов, а также коттеджных поселков и зон индивидуальной застройки.

Преимущества БКТПБ:

- полная заводская готовность;
- быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию;
- компактность и совместимость с городской архитектурой;
- упрощение процедуры землеотвода;
- возможность расширения однотрансформаторной подстанции (БКТПБ) до двухтрансформаторной (2БКТПБ) и более путем добавления дополнительных модулей;
- срок службы оборудования составляет не менее 25 лет.

Технические характеристики БКТПБ

Мощность силового трансформатора, кВ·А	100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1250
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Номинальный ток сборных шин на стороне ВН, А	630
Номинальный ток сборных шин на стороне НН, А	630; 1000; 1600; 2000; 2500
Ток термической стойкости сборных шин на стороне ВН, для РУ:	
– с воздушной изоляцией, кА/2с	12,5; 20
– с элегазовой изоляцией, кА/1с	20; 25
Ток электродинамической стойкости сборных шин на стороне ВН, для РУ:	
– с воздушной изоляцией, кА	31,5; 51
– с элегазовой изоляцией, кА	51; 63
Ток термической стойкости РУНН кА/1 с	до 100
Номинальное напряжение вторичных цепей, В:	
– переменного тока	100; 220
– постоянного тока	24; 110; 220
– цепей защиты	24
– основного освещения переменного тока	36
– аварийного освещения постоянного тока	24
Уровень изоляции:	
– с маслонаполненным трансформатором	Нормальная
– с трансформатором с сухой изоляцией обмоток	Облегченная
Климатическое исполнение	У1, УХЛ1
Степень защиты	IP23
Срок службы, лет, не менее	25

Массогабаритные данные БКТПБ

Габариты БКТПБ внутреннего обслуживания, мм:

– высота оболочки габарит 1 2550
– высота оболочки габарит 2 2750
– высота двойного пола/кабельного этажа 1000/2000
– ширина 2400
– длина 5000

Габариты МБКТПБ внутреннего обслуживания, мм:

– высота оболочки 2750
– высота двойного пола 1000
– ширина 2400
– длина 3000

Масса БКТПБ внутреннего обслуживания, кг:

– оболочка с оборудованием РУВН/НН без трансформатора:
габарит 1 14800
габарит 2 15500
– двойной пол/кабельный этаж 7500/13300
– маслосборник 1000

Масса МБКТПБ внутреннего обслуживания, кг:

– оболочка с оборудованием РУВН и РУНН без трансформатора 13500
– двойной пол 5300

2.1.4. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6)/0,4 кВ (ОАО Самарский завод «Электрощит»)

КТП выпускаются с одним и более силовыми трансформаторами, тупиковые и проходные, для установки на нефтегазовых месторождениях, в городах и населенных пунктах, на строительных объектах.

Промышленные подстанции устанавливают в цехах или в блочно-модульных зданиях, которые также изготавливают на заводе.

КТП рассчитаны как для наружной, так и внутренней установки на высоте не более 1000 м над уровнем моря в районах с холодным, умеренным и тропическим климатом и окружающей средой, не содержащей химически активных газов и паров. Подстанции выдерживают ветровые на грузки до 36 м/с. КТП 10/ 0,4 производства ОАО «Электрощит» в отличие от аналогичных изделий других заводов имеют двойное антикоррозионное покрытие (оцинковка и эмаль), высокую эксплуатационную готовность, все виды блокировок. Вся продукция сертифицирована.

Изготавливают КТП различных модификаций:

КТПП для промышленности — одно- и двухтрансформаторные, вводы и выводы кабельные. Мощность 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВ·А. КТПП имеют варианты с автоматикой, вариант для тепловых станций.

КТПСН (собственных нужд). Напряжение 6(10)/0,4 кВ. Мощность 250, 400, 630, 1000, 1600 кВ·А. Высоконадежная подстанция широкого спектра применения для тепловых электростанций, станций пожаротушения и т.п.

КТПГ для городских сетей, проходные, одно- и двухтрансформаторные; высоковольные вводы воздушные (В) или кабельные (К), отходящие линии 0,4 кВ — кабельные. Силовой трансформатор в КТПГ устанавливают на специальную тележку, что позволяет производить замену одного типа трансформатора на другой без проведения работ по переделке колеи рельс для его передвижения. Мощность 250, 400, 630 кВ·А.

КТПК типа «киоск» состоит из высоковольтного ввода, отсека силового трансформатора и отсека распредустройства низкого напряжения. На КТПК-630 установлен автоматический выключатель нагрузки, позволяющий производить дистанционное включение; количество автоматических выключателей 0,4 кВ — до 16 отходящих линии; установлена автоматика включения уличного освещения. В КТПК 100–400 кВ·А внутри киоска имеются разъединитель и заземляющие ножи, обеспечивающие видимый разрыв цепи 10 кВ. Мощность 100 160, 250, 400, 630 кВ·А.

КТПУ — универсальные. Мощность 25, 40, 63, 100, 150, 250 кВ·А с высокой эксплуатационной готовностью ввода в эксплуатацию.

КТПМ — мачтового типа, состоит из устройства высокого напряжения, силового трансформатора и распредустройства низкого напряжения. Несущей конструкцией является железобетонная опора и стойка УСО-1А. Мощность 25, 40, 63 кВ·А.

КТППН — для питания погружных насосов нефтескважин. В КТППН установлен трехфазный трансформатор собственных нужд 25 кВ·А, что позволяет подключать одновременно насос-качалку. Для компенсации реактивной мощности установлены высоковольтные конденсаторы. В качестве основного коммутирующего аппарата установлен тиристорный коммутатор (ТК-1.6/90 УЗ, ТК-2.4/120 УЗ); конструкция КТППН позволяет устанавливать вакуумные контакторы (КВ/TEL-6-8/800 УХЛ2, КВТ-6/10-400 У2). Мощность 100, 250 кВ·А.

КТПКС — подстанция для кустовых скважин, питание, управление, защита четырех погружных центробежных насосов с электродвигателями мощностью 32–125 кВт, при выключенных электродвигателях насосов возможно питание до трех электродвигателей станков-качалок с током до 60 А.

Таблица 2.1

Технические характеристики КТП ОАО Самарского завода «Электрощит»

Параметры	Значение параметров																													
	КТПК					КТПМ			КТПУ						КТПГ			КТППН		КТПКС					КТПП, КТПСН					
Мощность силового трансформатора, кВ·А	100	160	250	400	630	25	40	63	25	40	63	100	160	250	250	400	630	100	250	100	250	800*	1100*	1250*	250	400	630	800 1000	1250 1600	2000 2500
Номинальное напряжение на стороне высшего напряжения (стороне ВН), кВ	6,10																													
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2:12																													
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4																													
Номинальное напряжение на стороне СН, кВ	—																	846–1602	1652–2406	846–1602 1652–2406					—					

<table>
<tr><th rowspan="2">Параметры</th><th colspan="22">Значение параметров</th></tr>
<tr><th colspan="5">КТПК</th><th>КТПМ</th><th colspan="6">КТПУ</th><th colspan="3">КТПГ</th><th colspan="2">КТППН</th><th>КТПКС</th><th colspan="4">КТПП, КТПСН</th></tr>
<tr><td>Ток термической стойкости на стороне ВН, кА (в 1 сек.)</td><td colspan="15">20</td><td colspan="2">6,3</td><td colspan="5">6,3 20; 31,5</td></tr>
<tr><td>Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА</td><td colspan="15">51</td><td colspan="3">16</td><td colspan="4">51;81</td></tr>
<tr><td>Ток термической стойкости на стороне НН/СН, кА</td><td colspan="5">10; 20</td><td colspan="7">10</td><td colspan="3">10; 20</td><td colspan="3">10/0,5***</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>40</td></tr>
<tr><td>Ток электродинамической стойкости на стороне НН/СН, кА</td><td colspan="5">25; 50</td><td colspan="7">25</td><td colspan="3">25; 50</td><td colspan="3">25/16</td><td>25</td><td>50</td><td>70</td><td>100</td></tr>
<tr><td>Масса, кг, не более**</td><td>1930</td><td>2144</td><td>2240</td><td>2900</td><td>3500</td><td>—</td><td>1265</td><td>1368</td><td>1456</td><td>1590</td><td>1888</td><td>2260</td><td>4700</td><td>5200</td><td>5985</td><td>2575</td><td>3075</td><td>6350</td><td colspan="4">В зависимости от количества шкафов РУНН 1</td></tr>
</table>

Примечание:
* суммарная мощность силовых трансформаторов
** масса указана с учетом силового трансформатора, для КТПМ в соответствии с чертежом общего вида составных частей подстанции
*** предельно-допустимый коммутирующий ток длительностью 10 с (тиристорный коммутатор)

2.1.5. Комплектные трансформаторные подстанции типа 2КТП-6(10)/0,4 (ОАО Невский завод «Электрощит»)

Комплектные трансформаторные подстанции типа 2КТПП–6(10)/0,4 кВ предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного электрического тока частоты 50 или 60 Гц в сетях электроснабжения электроприемников промышленных предприятий.

Подстанции изготавливают на базе высоковольтных ячеек собственного производства и низковольтных шкафов собственной сборки.

В качестве силовых трансформаторов могут применяться как масляные, так и сухие трансформаторы.

Размещение подстанций может быть как одно-, так и двухрядное с шинным мостом.

Устройства релейной защиты и автоматики обеспечивают защиту от однофазных замыканий, перегрузки и режим АВР на стороне низкого напряжения.

Имеется возможность учета и измерения электроэнергии на вводе и линейных фидерах. Учет активной и реактивной мощности осуществляется на базе электронных счетчиков.

Таблица 2.2

Технические характеристики 2КТПП-6(10)/0,4 кВ

Параметры	Значение параметров (мощность, кВ·А)					
	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10					
Наибольшее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2; 12					
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4					
Ток термической стойкости на стороне ВН/НН в течение 1 с, кА	20/10		20/20	20/30		20/40
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН/НН, кА	51/25		51/50		51/70	51/100
Уровень изоляции	нормальная изоляция					

2КТПП допускают эксплуатацию в условиях климатического исполнения У, категории размещения 3.

Рабочее значение температуры окружающего воздуха. . . . . . от –25°С до +40°С.
Относительная влажность окружающего воздуха. . . . . не более 80% при +25° С.
Высота над уровнем моря до . . . . 1000 м.
Степень защиты оболочки IP31

Режим работы . . . . непрерывный

Могут применяться сухие и масляные трансформаторы, КТП — двухтрансформаторная, с односторонним обслуживанием.

Габаритные размеры, мм:

– ячейка секции высоковольтного ввода . . . . 375×1000×1700
– шкафы РУНН: вводной секционный. . . . . 425×600×2100
– линейный . . . . 1000×600×2100

2.1.6. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки серии ПКТПВР (ОАО Невский завод «Электролит»)

Предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в системах с глухозаземленной и изолированной нейтралью трансформатора на стороне низшего напряжения. Применяются для электроснабжения объектов нефтегазовой отрасли, строительных площадок, промышленных и коммунальных объектов в радиальных и лучевых системах распределительных сетей, для открытых горных работ, подземных потребителей шахт.

Варианты исполнения

По конструкции корпуса	киосковые
	мачтовые
По назначению	тупиковые
	проходные
По типу силового трансформатора	с масляным трансформатором ТМГ (ТМ), с сухим трансформатором типа GDNN (Германия)
По числу применяемых трансформаторов	однотрансформаторные
По способу выполнения нейтрали трансформатора со стороны НН	с глухозаземленной нейтралью
	с изолированной нейтралью
По выполнению высоковольтного ввода	воздушный
	кабельный
По выполнению выводов РУНН	кабельные
По виду оболочек и степени защиты	IP23
По номинальному напряжению на стороне ВН, кВ	10
	6
По номинальному напряжению на стороне НН, кВ	0,4
	0,23
По мощности, кВ·А:	
а) киосковые	25,40,63, 1 00, 250, 400, 630, 1000
б) мачтовые	25,40, 63, 1 00, 1 60, 250
Наличие АВР	с АВР
	без АВР

Таблица 2.3

Технические характеристики КТП сети ПКТПВР

Параметры	Значение параметров								
Мощность подстанции, кВ·А	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10								
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4 (0,23)								
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	12,5			16	21		26	32	41
Ток термической стойкости в течение 1 с на стороне ВН, кА (для расцепителей)	5			6,3	8		10	12,5	16
Номинальный ток и количество отходящих фидеров (автоматические выключатели), А × шт.	25×2 + 40×1	25×1 + 40×1 + + 63×1	25×1 + 63×2	25×1 + 40×2 + + 63×1	25×1 + 40×1 + + 63×1 + + 100×1	40×1 + 63×1 + + 100×1 + + 250×1	100×2 + +250×2	100×1 + + 160×1 + + 250×2 + + 400×1	100×2 + + 160×2 + + 250×2 + + 400×2
Уровень изоляции	Нормальная изоляция								
Состояние нейтрали трансформатора на стороне НН	Глухозаземленная								

Примечание:
Номинальные токи и количество отходящих фидеров могут меняться по требованию заказчика

Основные преимущества КТП серии ПКТПВР:

- высокая механическая прочность при транспортировании всеми видами транспорта;
- низкая материалоемкость, низкие потери XX, особенно с сухими трансформаторами;
- наличие коридора обслуживания, естественной вентиляции в отсеках;
- наличие конденсаторных батарей;
- механическая блокировка;
- автоматическое включение и отключение фидера уличного освещения;
- высокая экологическая, санитарная и пожарная безопасность;
- срок службы в эксплуатации до 25 лет;
- высочайший уровень надежности и долговечности при самых неблагоприятных условиях эксплуатации в различных регионах с умеренно-холодным, тропическим и морским климатом.

2.1.7. Комплектные двухтрансформаторные подстанции (ОАО «Новая Эра», Санкт-Петербург)

Комплектные двухтрансформаторные (автоматизированные) подстанции типа 2КТПА-НЭ предназначены для обеспечения надежного электроснабжения предприятий различных отраслей промышленности, где перерыв электроснабжения электроприемников может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный экономический и экологический ущерб, расстройство сложных технологических процессов.

2КТПА-НЭ реализованы на новых принципах построения систем надежного энергоснабжения потребителей на стороне 0,4кВ.

Отличительными особенностями 2КТПА-НЭ являются:

- единый комплекс силовой части (основные, аварийные источники и распределение электроэнергии) и устройств защиты и автоматики;
- применение в качестве источников электроэнергии сухих силовых трансформаторов и автоматизированных дизель-генераторных установок;
- изолированные шины шинных мостов;
- выполнение функций защит, автоматики и сигнализации посредством микропроцессорных блоков релейной защиты;
- состав защит, в котором, кроме максимальной токовой защиты (МТЗ), защиты от перегрузки и однофазных замыканий на землю (033), реализованы функции дальнего резервирования отказов защит и выключателей в сети 0,4 кВ, а также блокировки МТЗ при пусках и самозапусках электродвигателей;

- запись и накопление информации о параметрах работы 2КТПА-НЭ и аварийных процессов;
- возможность включения в контур АСУ ТП предприятия в качестве устройства нижнего уровня посредством интерфейса RS485 или волоконно-оптической линии связи;
- компоновка шкафов РУНН КТП с разделением отсеков сборных шин, вводных и распределительных блоков; отходящих кабелей, что обеспечивает высокую эксплуатационную надежность и безопасность;
- уменьшенные габаритные размеры шкафов РУНН, что позволяет сэкономить средства при строительстве новых объектов и высвободить площади при реконструкции существующих;
- максимальная степень заводской готовности, что позволяет уменьшить сроки и затраты на ввод оборудования в эксплуатацию у Заказчика.

Параметры 2КТПА-НЭ сравнимы с мировыми аналогами, в частности фирм Siemens, ABB, Merlin Gerin.

Таблица 2.4

Технические характеристики КТП типа 2КТПА-НЭ

Параметры		Значение параметра				
		2КТПА-НЗ-400 2		2КТПА-НЗ-630		КТПА-НЗ-1000
Мощность силового трансформатора, кВ·А		400		630		1000
Схема соединений обмоток и напряжение КЗ,%		Δ/Y_o; 5,5				
Номинальное напряжение на стороне ВН. кВ		6; 10				
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ		0,4				
Род тока		переменный трехфазный				
Частота переменного тока, Гц		50				
Род тока и величина напряжения оперативных цепей, В		Постоянный, 20/220 В 50 Гц				
Номинальный ток сборных шин, А	с аварийным вводом	1000	—	1600	—	1600
	без аварийных вводов	—	630	—	1000	1600
Ток электродинамической стойкости (на стороне НН), кА		35	25	50	50	50
Ток термической стойкости в течение 1 с (на стороне НН), кА		20	15	25		

Дополнительные характеристики:

- климатическое исполнение и категория размещения — УЗ. Температура окружающей среды от –20°С до +40°С;

• относительная влажность окружающего воздуха не более 80% при +25°С;
• высота над уровнем моря до 1000 с;
• степень защиты оболочки IP31;
• сейсмостойкость — 8 баллов;
• сопротивление изоляции силовых цепей при температуре 20(±5)°С и относительной влажности до 80% — не менее 2Мом;
• электрическая прочность изоляции — 2500В;
• режим работы — непрерывный;
• с вводами или без вводов от аварийного источника питания, с микропроцессорной защитой, автоматикой и сигнализацией.
• массогабаритные характеристики зависят от количества шкафов, габариты шкафов (мм): 220×600×600 и 220×1100 ×600.

Защита и автоматика 2КТПА-НЭ выполнена на микропроцессорных блоках РЗиА типа БМРЗ производства НТЦ «Механотроника» (Санкт-Пстербург).

2.1.8. Комплектные двухтрансформаторные подстанции (ОАО «Новая эра», Санкт-Петербург)

Комплектные трансформаторные подстанции типа КТПП-НЭ предназначены для электроснабжения электроприемников промышленных, предприятий. Стандартная номенклатура применяемого оборудования — отечественная. В качестве силовых, аппаратов применяются автоматические выключатели серий ВА, «Электрон» (г. Ульяновский и г. Дивногорск). По заказу указанные выключатели могут быть заменены на 3Ш6 (вводные:и секционные), выключатели 3VF, SENTRON (VL160...VL630) (фидерные) фирмы Siemens, а также выключатели серии Masterpact (вводные и секционные) фирмы Merlin Gerin и SACE Isomax S2...S6 фирмы ABB (фидерные). Для защиты потребителей схема предусматривает защиту от однофазных замыканий.

При работе двухтрансформаторной подстанции предусмотрена автоматика включения резерва, которая выполняется на базе пускателя и электромагнитных реле. В случае необходимости возможно дополнение схемы с выводом на телемеханику.

Имеется возможность учета и измерения электроэнергии на вводе и линейных фидерах. Выполняется учет активной и реактивной электроэнергии на базе индуктивных или электронных счетчиков. Весь электрический монтаж выполняется на заводе-изготовителе и проходит приемосдаточные испытания на функционирование.

Таблица 2.5

Технические характеристики КТП типа КТПП-НЭ

Параметры	Значение параметра					
Мощность силового трансформатора, кВ·А	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ			6; 10			
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ			7,2; 12			
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ			0,4			
Ток термической стойкости на стороне ВН (в течении 1 с), кА			20			
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА			51			
Ток термической стойкости на стороне НН (в течении 1 с), кА	10		20		30	40
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	25		50		70	100
Масса	В зависимости от заказа, по набору шкафов РУНН					

КТП типа КТПП-НЭ выполняют с масляными и сухими трансформаторами, на стороне НН нейтраль силового трансформатора глухозаземленная. По числу трансформаторов КТП может иметь один или два трансформатора; степень защиты — IP31.

2.1.9. Комплектные трансформаторные подстанции (ЗАО «ЧЗСЭ Электросила»)

Комплектные трнсформаторные подстанции в мобильных блок-контейнерных зданиях с понижающими 35/10/6) кВ или повышающими трансформаторами 6(10)/35 кВ типа КТПБ 35 кВ предназначены для приема, преобразования, распределения и транзита электроэнергии трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц.

Преимущества КТПБ 35 кВ:

- минимальные сроки монтажа, наладки и ввода в эксплуатацию за счет высокой заводской готовности;
- возможность демонтажа и перемещения в короткие сроки;
- удобство и гарантированная безопасность электростанции;
- возможность установки на небольшое подготовленное основание в виду ее малых габаритов.

КТПБ 35 кВ состоит из следующих комплектных блоков:

- закрытого РУ 35 кВ (ЗРУ-35 кВ);
- блока с силовыми трансформаторами 35/6(10) кВ или 6(10)/35 кВ;
- закрытого РУ 6(10) кВ (ЗРУ-6(10)кВ).

Технические характеристики КТПБ 35 кВ

Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	35
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	40,5
Наибольшее рабочее напряжение на стороне НН, кВ	7,2; 12
Количество силовых трансформаторов	1,2 или 4
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А	2500; 4000; 6300; 10000; 16000
Номинальный ток на стороне ВН, А	1250
Номинальный ток на стороне НН, А	до 3150
Ток электродинамической стойкости (амплитуда) на стороне ВН, кА	80
Ток электродинамической стойкости (амплитуда) на стороне НН, кА	63
Ток термической стойкости на стороне ВН, кА	31,5
Ток термической стойкости на стороне НН, кА	31,5
Время протекания тока термической стойкости, с	3
Степень защиты	1Р23

Учет электроэнергии может выполняться на индукционных, электронных счетчиках или многофункциональных микропроцессорных счетчиках электроэнергии отечественного и зарубежного производства. Схемы РЗиА выполнены на базе терминалов БМРЗ ОАО «Механотроника», REF «ABB Автоматизация», «SEPAM Schneider Electric», Сириус ЗАО «Радиус-автоматика» и др.

2.1.10. Комплектные трансформаторные подстанции в мобильных блок-контейнерных зданиях на напряжение до 10кВ (ЗАО «ЧЗСЭ Электросила»)

Комплектные трансформаторные подстанции в мобильных блок-контейнерных зданиях КТПНУ предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц на напряжение до 10 кВ, КТПНУ состоят из отдельных блок-контейнеров с установленным в них электрооборудованием: РУВН (РУ-6, (10) кВ), РУНН (РУ-0,4 кВ) и силовыми трансформаторами. Блок-контейнерные здания отдельно доставляются автомобильным или железнодорожным транспортом на место монтажа, где производятся: стыковка блок-контейнеров, электромонтажные и пуско-наладочные работы.

В КТПНУ предусмотрены: отопление, освещение напряжением 220 В 50Гц, переносное освещение 36 В 50 Гц, система противопожарной сигнализации, охранная сигнализация, система кондиционирования и вентиляции.

РУ-6(10) кВ комплектуют из шкафа УВН (устройство ввода высокого напряжения), КСО-399 с выключателями нагрузки типа ВНА-10 или ВНП-М1-10 и предохранителями типа ПКТ, камер серии КСО-299М с силовыми вакуумными выключателями и шкафов серии К-02-4 с силовыми вакуумными выключателями, установленными на выкатных тележках.

Релейная защита и автоматика РУ 6(10) кВ из камер серии КСО-299М или шкафов серии К-02-4 выполняется на электромеханических реле или микропроцессорных терминалах типов ТЭМП 2501, 8ЕРАМ, ЗРАС 800, «ОРИОН», «СИРИУС».

РУ-0,4 кВ в соответствии с опросным листом на КТПНУ комплектуют из панелей ЩО70 со стационарно устанавливаемыми автоматическими выключателями или шкафов РУНН двустороннего обслуживания с выдвижными автоматическими выключателями.

В КТПНУ устанавливают силовые масляные трансформаторы типов ТМГ, ТМЗ, ТМ или сухие типов ТСЗ, ТСЗН, TSE, TRIHAL.

Преимущества КТПНУ:

- минимальные сроки монтажа, наладки и ввода в эксплуатацию за счет высокой заводской готовности;
- возможность демонтажа и перемещения в короткий срок;
- удобство и гарантированная безопасность эксплуатации.

Условия эксплуатации КТПНУ:

- КТПНУ в части воздействия климатических факторов внешней среды относятся к климатическому исполнению УХЛ категории размещения 1 и эксплуатируются в следующих условиях:
- высота установки над уровнем моря не более 1000 м;
- температура окружающего воздуха от –60 до +40°С.

Технические характеристики КТПНУ мощностью от 160 до 1000 кВ·А

Мощность силового трансформатора, кВ·А 160, 250; 400; 630; 1000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ 6; 10
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ. 7,2; 12
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ. 0,4
Номинальный ток сборных шин на стороне НН, А. 630, 1000, 1600, 2000
Ток электродинамической стойкости, кА:
– на стороне ВН 51
– на стороне НН 50
Ток термической стойкости, кА
– в течение 1с на стороне ВН 20
– в течение 0,5с на стороне НН 25
Уровень изоляции на стороне ВН . . . . нормальная
Степень защиты IP23; IP34
Степень огнестойкости II
Масса КТПНУ:
– блок контейнера РУ-6, (10) кВ, кг, не более. 9000
– блок контейнера РУ-0,4 кВ, кг, не более 9000
– блок контейнера трансформаторов (без трансформаторов), кг, не более . 5500

Таблица 2.6

Технические характеристики КТПНУ мощностью от 160 до 2500 кВ·А

Параметры	Значение параметра						
Мощность силового трансформатора, кВ·А	160	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10						
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2; 12						
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4						
Ток термической стойкости на стороне ВН, кА (в течение 1с)	20					31,5	
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	51						
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА (в течение 1с)	25		50			70	100
Ток термической стойкости на стороне НН, кА (в течение 1с)	10		25			30	40
Ток сборных шин (на стороне НН), кА	0,4	0,58	0,91	1,45	2,31		3,61
Уровень изоляции:							
— с масляным трансформатором	нормальная						
— с сухим трансформатором	облегченная						
Степень защиты	IP23, IP34						
Степень огнестойкости	II						
Масса КТПНУ, кг не более:							
— блок-контейнер 1	7600						
— блок-контейнер 2 (без трансформаторов)	9300						
— блок-контейнер 3	7600						

2.1.11. Комплектные трансформаторные подстанции в бетонных блок-контейнерных зданиях на напряжение до10 кВ частотой 50 Гц (ЗАО «ЧЗСЭ Электросила»)

КТПНБ предназначены для использования в системах электроснабжения жилищно-коммунальных и промышленных объектов.

КТПНБ в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150-69 относятся к климатическому исполнению УХЛ категории размещения 1 и эксплуатируются в следующих условиях:

- высота установки над уровнем моря не более 1000 м;
- температура окружающего воздуха от –60°С до +40°С;
- КТПНБ состоят из отдельных бетонных блок–контейнеров с установленным в них электрооборудованием:
- распределительное устройство высокого напряжения (РУ-6 (10) кВ);
- распределительное устройство низкого напряжения (РУ-0,4 кВ);
- силовые трансформаторы.

Бетонные блок–контейнеры доставляются автомобильным или железнодорожным транспортом на место монтажа, где производятся их стыковка, электромонтажные и пуско-наладочные работы.

В КТПНБ предусмотрены: освещение напряжением 220 В 50 Гц, переносное освещение 36 В 50 Гц, система противопожарной сигнализации, охранная сигнализация и система вентиляции.

РУ-6 (10) кВ в соответствии с опросным листом на КТПНБ комплектуются из камер КСО-399 с выключателями нагрузки типа ВНА-10 или ВНП-М1-10 и предохранителями типа ПКТ.

РУ-0,4 кВ в соответствии с опросным листом на КТПНБ комплектуются из панелей ЩО70 со стационарно устанавливаемыми автоматическими выключателями.

В КТПНБ устанавливаются силовые масляные трансформаторы типов ТМГ, ТМЗ, ТМ или сухие типов ТСЗ, ТСЗН, aTSE, TRIHAL.

Технические характеристики КТПНБ

Мощность силового трансформатора	160; 250; 400; 630; 1000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2; 12
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Номинальный ток сборных шин на стороне НН, А	630; 1000; 1600; 2000
Ток электродинамической стойкости, кА:	
– на стороне ВН	51
– на стороне НН	50

Ток термической стойкости, кА:
- в течение 1 с на стороне ВН 20
- в течение 0,5 с на стороне НН 25

Уровень изоляции на стороне ВН . . . . нормальная

Степень защиты IP23; IP34

Степень огнестойкости 11

Масса КТПНБ:
- блок-контейнера РУ-6 (10) кВ, кг, (не более) 15000
- блок-контейнера РУ-0,4 кВ, кг, (не более) 15000
- блок-контейнера трансформаторов (без трансформаторов), кг, (не более) 500

2.1.12. Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки мощностью 250–2500 кВ·А напряжением 6(10)/0,4 кВ (ЗАО «ЧЗСЭ Электросила»)

Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки типов КТПП и КТПСН применяются для:

- промышленных, нефтегазодобывающих, газовых, химических, энергетических предприятий (типоисполнение КТПП);
- потребителей собственных нужд атомных, тепловых и гидроэлектростанций (типоисполнение КТПСН).
- ТПП и КТПСН предназначены для работы в следующих условиях:
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- температура окружающего воздуха от –40°С до +40°С;
- относительная влажность воздуха 80% при 20°С;
- окружающая среда — невзрывоопасная, не содержащая едких паров и газов, разрушающих металлы и изоляцию;
- отсутствие резких толчков, ударов и сильной тряски.

В КТПП и КТПСН предусмотрены:

- схема автоматического ввода резерва (АВР) на базе электромеханических реле или на микропрцессорных терминалах релейной защиты и автоматики:
- применение блока тиристорного автоматического ввода резерва (ТАВР);
- учет активной и реактивной энергии;
- дистанционное управление и сигнализация;
- интеграция в систему АСУ электроснабжения.
- КТПП и КТПСН выполняют в климатическом исполнении У категории размещения 3. В КТПП и КТПСН применяют двухобмоточные трехфазные трансформаторы сухого или масляного исполнения.

КТПП и КТПСН состоит из вводного устройства ВН (УВН), силовых трансформаторов и РУНН.

РУНН комплектуется шкафами двухстороннего обслуживания: ввода (ШВНН), секционирования (ШСНН), линейными (ШЛНН), соединительными (ШС), кабельными (ШК).

Оперативное обслуживание шкафов РУНН производится с фасада, доступ к сборным шинам — с задней стороны шкафов, к кабельным присоединениям — с задней или передней стороны шкафов.

Подключение трансформатора к выводу РУНН и ошиновка РУНН выполняют медными шинами.

В схемах КТПП с вводом от дизельной электростанции (ДЭС) дополнительно устанавливается шкаф ввода от ДЭС.

КТПП могут поставляться в модульных блок–контейнерах для объектов нефтегазодобывающего комплекса.

Таблица 2.7

Технические характеристики КТПП и КТПСН

Параметры	Значение параметра					
Мощность силового трансформатора, кВ·А	250	400	630	1000	1600	2000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10					
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2; 12					
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4					
Ток термической стойкости на стороне ВН (в течение 1 с), кА	20			31,5		
Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	51					
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	25					
Ток термической стойкости на стороне НН (в течение 1 с), кА	10		25		30	40
Ток сборных шин, кА	0,4	0,58	0,91	1,45	2,31	3,61
Уровень изоляции:						
— с масляным трансформатором	нормальная					
— с сухим трансформатором	облегченная					
Масса, кг, не более, РУНН из 5 шкафов	2000	2000	2000	2000	4000	6000

Шкафы, входящие в состав КТП, комплектуются из отечественного и зарубежного оборудования. Так, в КТПП в качестве коммутационных аппаратов применяют автоматические выключатели серий ВА, «Электрон» (г. Ульяновский и г. Дивногорск), «Masterpact», «Compact» производства фирмы «Schneider Electric», «SACE Isomax», «SACE Emax» фирмы «ABB», а также выключатели фирм «Siemens», «OEZ» и других производителей.

2.1.13. Комплектные трансформаторные подстанции типа «Сэндвич» (ООО ПКФ «Автоматика», г. Тула)

Предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50Гц, номинальным напряжением 6(10) кВ, преобразования ее в напряжение 0,4 кВ и распределения по потребителям.

Оболочка блок–модулей представляет собой каркасную сварную конструкцию, покрытую специальным составом, повышающим огнестойкость. Стены и крыша выполнены из панелей типа «Сэндвич» с наполнителем из негорючего базальтового волокна различной толщины — 50...100 мм. Блок–модули устанавливают на фундамент, выполненный из бетоно-бетонных блоков сварного металлического каркаса. Соединение блоков — болтовое. Блоки имеют соединение внутреннего контура.

Таблица 2.8

Технические характеристики КТП типа «Сэндвич» (2КТПНУ)

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	УВН		РУНН	
		Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток предохранителей, А	Номинальные токи, А	
				Вводных автоматических выключателей	Отходящих линий
2КТПНУ-250/6/0,4У1	2×250	6	50	2×400	Согласно заявке
2КТПНУ-250/10/0,4У1		10	31,5		
2КТПНУ-400/6/0,4У1	2×400	6	80	2×630	
2КТПНУ-400/10/0,4У1		10	50		
2КТПНУ-630/6/0,4У1	2×630	6	100	2×1000	
2КТПНУ-630/10/0,4У1		10	80		
2КТПНУ-1000/6/0,4У1	2×1000	6	160	2×1600	
2КТПНУ-1000/10/0,4У1		10	100		
2КТПНУ-1600/6/0,4У1	2×1600	6	Согласно заявке	2×2500	
2КТПНУ-1600/10/0,4У1		10			

Диапазон рабочих температур: –60°С… +40°С.

2.1.14 Блочные комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке (ООО ПКФ «Автоматика», Тула)

Комплектные трансформаторные подстанции типа БКТП предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 6(10) кВ, преобразования ее в напряжение 0,4 кВ и распределения по потребителям.

Оболочка блок–модулей представляет собой конструкцию из армированного бетона.

Внешняя отделка стен — сайдинг, крыша — профилированный металлический лист или металлочерепица.

Подстанция состоит из трех отсеков или блоков:

- устройства высшего напряжениями (УВН);
- отсека трансформаторов;
- распределительного устройства со стороны низшего напряжения (РУНН).

Таблица 2.9

Технические характеристики БКТП

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Число и мощность трансфор-маторов, кВ·А</th><th colspan="2">УВН</th><th colspan="2">Ном. ток РУНН, А</th></tr>
<tr><th>Номиналь-ное напря-жение, кВ</th><th>Номиналь-ный ток предохра-нителей, А</th><th>Вводных панелей</th><th>Линейных панелей</th></tr>
<tr><td>БКТП-250/6/0,4-03-У1</td><td>1×250</td><td rowspan="3">6</td><td rowspan="2">50</td><td>1×400</td><td rowspan="12">Согласно заявке</td></tr>
<tr><td>2БКТП-250/6/0,4-03-У1</td><td>2×250</td><td>2×400</td></tr>
<tr><td>БКТП-250/10/0,4-03-У1</td><td>1×250</td><td rowspan="2">31,5</td><td>1×400</td></tr>
<tr><td>2БКТП-250/10/0,4-03-У1</td><td>2×250</td><td>10</td><td>2×400</td></tr>
<tr><td>БКТП-400/6/0,4-03-У1</td><td>1×400</td><td rowspan="3">6</td><td rowspan="2">80</td><td>1×630</td></tr>
<tr><td>2БКТП-400/6/0,4-03-У1</td><td>2×400</td><td>2×630</td></tr>
<tr><td>БКТП-400/10/0,4-03-У1</td><td>1×400</td><td rowspan="2">50</td><td>1×630</td></tr>
<tr><td>2БКТП-400/10/0,4-03-У1</td><td>2×400</td><td>10</td><td>2×630</td></tr>
<tr><td>БКТП-630/6/0,4-03-У1</td><td rowspan="2">2×630</td><td>6</td><td>100</td><td rowspan="2">2×1000</td></tr>
<tr><td>2БКТП-630/10/0,4-03-У1</td><td>10</td><td>80</td></tr>
<tr><td>БКТП-1000/6/0,4-03-У1</td><td rowspan="2">2×1000</td><td>6</td><td>160</td><td rowspan="2">2×1600</td></tr>
<tr><td>2БКТП-1000/10/0,4-03-У1</td><td>10</td><td>100</td></tr>
</table>

2.1.15. Блочно-модульные малогабаритные трансформаторные подстанции (ООО ПКФ «Автоматика», Тула)

Комплектные трансформаторные подстанции типа КТПНУ-М предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50Гц с номинальным напряжением 6(10) кВ, преобразования её в напряжение 0,4 кВ и распределения по потребителям. Оболочка блок–модулей представляет собой каркасную сварную конструкцию, покрытую специальным составом, повышающим огнестойкость.

Стены и крыша выполнены из панелей типа «Сэндвич» с наполнителем из негорючего базальтового волокна различной толщины —

0...100 мм. Блок–модули устанавливаются на фундамент выполненный из бетоно- бетонных блоков сварного металлического каркаса. Соединение блоков — болтовое. Блоки имеют соединение внутреннего контура заземления с внешним контуром.

Безопасность для персонала в процессе эксплуатации.

Таблица 2.10

Технические характеристики КТПНУ-М

Тип	Число и мощность трансформаторов, кВ·А	УВН		РУ НН, А		
		Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток предохранителей, FUSARC	Номинальный ток, А	TUR 1200A	Линейных панелей
КТП-250/6/0,4-03-У1	250	6	50	400	От 8 до 12 групп	Согласно заявке
2КТП-250/6/0,4-03-У1	2×250			2×400		
КТП-250/10/0,4-03-У1	250	10	31,5	400		
2КТП-250/10/0,4-03-У1	2×250			2×400		
КТП-400/6/0,4-03-У1	400	6	63	630		
2КТП-400/6/0,4-03-У1	2×400			2×630		
КТП-400/10/0,4-03-У1	400	10	50	630		
2КТП-400/10/0,4-03-У1	2×400			2×630		
КТП-600/6/0,4-03-У1	600	6	80	1000		
2КТП-600/10/0,4-03-У1	2×600			2×1000		
КТП-600/6/0,4-03-У1	600	10	63	1000		
2КТП-600/10/0,4-03-У1	2×600			2×1000		

2.1.16. Внутрицеховые комплектные трансформаторные подстанции (ООО ПКФ «Автоматика», г. Тула)

Комплектные трансформаторные подстанции типа 2КТП-ВЦ предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50Гц номинальным напряжением 6(10) кВ; преобразования в напряжение 0,4 кВ и распределения по потребителям. Устанавливаются внутри помещений.

В состав подстанции входят:

- шкаф высоковольтного ввода 6(10) кВ (ШВВ);
- силовой трансформатор (правый. — левый):
- распределительное устройство РУНН, состоящее из:
  - – шкафа ввода низшего напряжения (ШНВ);

– секционного шкафа (ШНС);
– шкафа отходящих линий (ШНЛ), которые комплектуются выкатными автоматическими выключателями отечественного или зарубежного производства.

Внутрицеховые подстанции выпускаются:

- однотрансформаторными: КТП правые и левые;
- двухтрансформаторными: 2КТП;
- однорядными и двухрядными.

В шкафах используется отечественное и зарубежное оборудование («Контактор», ДЗНВА, Schneider Electric, ABB и др.).

Таблица 2.11

Технические характеристики 2КТП-ВЦ

Параметры	Значение параметра					
Мощность силового трансформатора кВ·А	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10					
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4					
Номинальный ток сборных шин, А						
устройство со стороны высшего напряжения (УВН)	630					
устройство со стороны низшего напряжения (РУНН)	800		1600	2000	3000	4000
Ток термической стойкости (в течение 1с), кА:						
устройство со стороны высшего напряжения (УВН)	20					
устройство со стороны низшего напряжения (РУНН)	10		25		30	40
Ток электродинамической стойкости (в течение 1с), кА:						
– устройство со стороны высшего напряжения (УВН)	51					
– устройство со стороны низшего напряжения (РУНН)	25		50		70	
Способ выполнения нейтрали:						
– устройство со стороны высшего напряжения (УВН)	изолированная					
– устройство со стороны низшего напряжения (РУНН)	глухозаземленная					

2.1.17. Комплектные трансформаторные подстанции для городских сетей (ООО ПКФ «Автоматика»)

Комплектные трансформаторные подстанции для городских сетей типа КТПГС предназначены трехфазного переменного тока частотой 50Гц, номинальным напряжением 6(10) кВ, преобразования ее в напряжение 0,4 кВ и распределения по потребителям. КТПГС могут быть тупикового или проходного типа, ввод со стороны УВН — воздушный или кабельный.

Трансформаторная подстанция представляет собой сварной металлический корпус контейнерного типа, состоящий из отсеков:
- УВН (без коридора обслуживания);
- силового трансформатора;
- РУ НН (без коридора обслуживания).

Отсек силового трансформатора комплектуется масляными и сухими трансформаторами (ТМГ, ТМ, ТМЗ, ТСЛ, ТСГЛ и др.) ведущих производителей (МЭТЗ г. Минск, «Уралэлектроаппарат», «Алтранс», г. Барнаул, и др.)

Таблица 2.12

Технические характеристики КТПГС

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	УВН		РУНН	
				Номинальные токи, А	
		Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток предохранителей, А	Вводных автоматических выключателей	Отходящих линий
2КТПГС-250/6/0,4У1	2×250	6	50	2×400	Согласно заявке
2КТПГС-250/10/0,4У1		10	31,5		
2КТПГС-400/6/0,4У1	2×400	6	80	2×630	
2КТПГС-400/10/0,4У1		10	50		
2КТПГС-630/6/0,4У1	2×630	6	100	2×1000	
2КТПГС-630/10/0,4У1		10	80		

Дипазон рабочих температур: –45°С…+40°С.

2.1.18. Комплектные трансформаторные подстанции мачтовые (ООО ПКФ «Автоматика», г. Тула)

Комплектные трансформаторные подстанции типа КТПМ представляют собой мачтовые подстанции наружной установки мощностью 25…250 кВ·А. Они предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 6 или 10 кВ, преобразования в электроэнергию

номинальным напряжением 0,4 кВ для снабжения ею промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных объектов.

Трансформаторная подстанция имеет следующие составные части:

- устройство со стороны высшего напряжения (УВН);
- силовой трансформатор;
- распределительное устройство со стороны низшего напряжения (РУНН).

Таблица 2.13

Технические характеристики КТПМ

<table>
<tr><th rowspan="3">Тип</th><th colspan="2" rowspan="2">УВН</th><th colspan="6">РУНН</th></tr>
<tr><th colspan="6">Номинальный ток предохранителей, А</th></tr>
<tr><th>Номинальное напряжение, кВ</th><th>Номинальный ток предохранителей, А</th><th>Номинальное напряжение на стороне НН, кВ</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th><th>Уличное освещение</th></tr>
<tr><td>КТП-25/6/0,4</td><td>6</td><td>8</td><td rowspan="12">0,4</td><td rowspan="4">31,5</td><td rowspan="2">31,5</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="12">16</td></tr>
<tr><td>КТП-25/6/0,4</td><td>10</td><td>5</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-40/6/0,4</td><td>6</td><td>10</td><td rowspan="4">63</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-40/10/0,4</td><td>10</td><td>8</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-63/6/0,4</td><td>6</td><td>16</td><td rowspan="4">40</td><td rowspan="2">40</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-63/10/0,4</td><td>10</td><td>10</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-100/6/0,4</td><td>6</td><td>20</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">80</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-100/10/0,4</td><td>10</td><td>16</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-160/6/0,4</td><td>6</td><td>31,5</td><td rowspan="4">80</td><td rowspan="4">160</td><td rowspan="4">100</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-160/10/0,4</td><td>10</td><td>20</td><td>—</td></tr>
<tr><td>КТП-250/6/0,4</td><td>6</td><td>40</td><td rowspan="2">250</td></tr>
<tr><td>КТП-250/10/0,4</td><td>10</td><td>31,5</td></tr>
</table>

Диапазон рабочих температур: –45°С...+40°С.

2.1.19. Модульные комплектные трансформаторные подстанции напряжением 35/6(10) и 6(10)/0,4 кВ (ООО «КРУЭЛТА»)

Модульные комплектные трансформаторные подстанции типа КТПМ выпускаются совместным предприятием, учредителями которого являются: «РК Таврида Электрик» (Россия) и «Электрооборудова» (Польша).

КТПМ предназначены для работы в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью. КТПМ применяются на нефтепромыслах, рудниках, карьерах и других объектах, когда необходимо максимально сократить сроки монтажа подстанции, а также обеспечить возможность ее демонтажа и перемещения на новое место.

КТПМ предназначены для работы на открытом воздухе, высоте на уровнем моря до 1000 м, при температуре окружающего воздуха от –60°С до +40°С. Стандартная однотрансформаторная КТПМ напряжением 35/6(10) кВ состоит из трех модулей, а двухтрансформаторная КТПМ — из четырех или шести модулей.

Таблица 2.14

Технические характеристики КТПМ

	КТПМ 35/6(10) кВ	КТПМ 6(10)/0,4 кВ
Номинальное наибольшее напряжение на стороне ВН, кВ	35(40,5)	6, 10(7,2; 12)
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	6, 10	0,4
(Наибольшее) рабочее напряжение на стороне НН, кВ	7,2; 12	0,69
Количество силовых трансформаторов	1 или 2	
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А	2500, 4000, 6300, 10000	400, 630, 1000, 1600
Номинальный ток на стороне ВН, А	630	630
Номинальный ток на стороне НН, А	До 1600	До 3200
Ток электродинамической стойкости (амплитуда) на стороне ВН, кА	63	63
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	63	До 200
Ток термической стойкости на стороне ВН(НН), кА	25(25)	25(До 90)
Время протекания тока термической стойкости, с	1	1
Степень защиты модулей	IP55	IP55

Стандартные одно- и двухтрансформаторные КТПМ напряжением 6(10)/0,4 кВ представляют собой один модуль (контейнер).

Удобную и безопасную эксплуатацию для каждого модуля обеспечивают:

- системы основного и аварийного освещения;
- система вентиляции;
- система обогрева;
- система охранной и пожарной сигнализации (устанавливаются по желанию заказчика).

Оборудование соответствует современному техническому уровню и запитывается от щитка собственных нужд. Вентиляторы могут быть установлены на крыше или встроены в стенку контейнера. Каждый модуль комплектуется набором защитных средств.

2.1.20. Элегазовые моноблоки 6, 10 и 20 кВ (компания «Шнейдер Электрик»)

В 2007 году компания Schneider Electric выпустила на российский рынок для сетей среднего напряжения модификацию элегазовых моноблоков RM6 с дополнительными функциями. Элегазовые моноблоки RM6 уже являются типовым решением для большинства крупных городов России. Они используются в системах электроснабжения наиболее важных объектов страны. Согласно статистике, сегодня на территории России эксплуатируется свыше 12 000 моноблоков RM6, серийное производство которых осуществляет завод ЭЗОИС.

Элегазовые моноблоки RM6 предназначены для установки в магистральных и петлевых распределительных сетях 6, 10, 20 кВ и выполняют функции присоединения, питания и защиты одного или нескольких распределительных трансформаторов мощностью до 3000 кВ·А. Кроме того, RM6 позволяют:

- осуществлять визуальный контроль положения контактов благодаря стеклянным колпачкам, расположенным в верхней части моноблока;
- проводить испытания кабеля без его отсоединения от моноблока, что значительно упрощает процедуру проверки изоляции кабельной линии.

Благодаря новым функциям RM6, которые позволяют производить измерения и учет электроэнергии, секционирование шин, расширение и подключение кабеля к шинам расширились возможности компоновки схем. Так, на базе RM6 появились ТП с функцией измерения, секционированием и функцией измерения, ТП с увеличенным числом присоединений.

Измерительные ячейки Mt позволяют осуществлять коммерческий учет электроэнергии по высокой стороне. Возможна компоновка 3/3 (три трансформатора тока и три трансформатора напряжения) и 2/3 (два трансформатора тока и три трансформатора напряжения). Секционирование шин может осуществляться как с выключателем (функция ВС), так и с выключателем нагрузки (функция IC).

Расширение функций элегазовых моноблоков RM6 позволяет со всей уверенностью назвать их надежной и гибкой системой высокого европейского качества.

Технические характеристики RM6

Малогабаритный элегазовый моноблок, выполняющий функции высоковольтного вводного устройства трансформаторной подстанции . . . . 6–10, 20/0,4 кВ.

Функции RM6:

- сетевой выключатель нагрузки;
- защита трансформаторма . . . . комбинация выключателя нагрузки и плавкого предохранителя;
- защита трансформатора: выключатель . . . . 200 А.
- защита линии: выключатель . . . . 630 А.

Номинальное напряжение . . . . 6, 10, 20 кВ.

Номинальный ток . . . . 200 — 630 А,

Номинальный ток отключения выключателя . . . . 16 — 25 кА.

Климатическое исполнение . . . . от –25°С до +40°С.

2.2. Комплектные распределительные устройства (КРУ)

2.2.1. Общие положения

Электроаппаратные заводы России изготавливают комплектные распределительные устройства (КРУ) для напряжений 6, 10 и 35 кВ с одной системой сборных шин для внутренней и наружной установки. Они получили широкое распространение в электроустановках различного назначения.

Применение КРУ дает значительное упрощение строительной части электроустановок. Практика эксплуатации КРУ показала более надежную их работу по сравнению с обычными сборными распределительными устройствами.

Комплектные распределительные устройства на напряжение 6 и 10 кВ имеют два принципиально различных конструктивных исполнения в зависимости от способа установки аппаратов:

- от способа установки — выкатные (типа КРУ, КРУН), в которых аппарат напряжением выше 1 кВ с приводом располагается на выкатной тележке;
- стационарные (типа КСО, КРУН), в которых аппарат, привод и все приборы устанавливают неподвижно.

Конструкция стационарных комплектных распределительных устройств обеспечивает достаточную и безопасную обозреваемость и доступность оборудования без снятия напряжения со сборных шин. Стационарные камеры КСО более просты и дешевы по сравнению с выкатными камерами КРУ. Стационарные камеры КСО устанавливают, как правило, с односторонним обслуживанием.

Типоисполнения ячеек: вводная, отходящей линии, секционная, с выключателем нагрузки, измерительная, с шинным заземлителем и др.

Стационарные комплектные распределительные устройства выполняются из ячеек различного типоисполнения.

Ниже рассмотрены КРУ наиболее известных производителей.

2.2.2. Комплектные распределительные устройства серии TEL (РК Таврида Электрик)

Комплектные распределительные устройства серии TEL (КРУ/TEL) предназначены для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц напряжением 6/10 кВ в сетях с изолированной или заземлённой через дугогасящий реактор нейтралью.

КРУ/TEL применяют в составе распределительных устройств (РУ) напряжением 6/10 кВ трансформаторных подстанций (ТП) и распределительных пунктов (РП), особенно в условиях, требующих жесткого ограничения площади.

КРУ/TEL комплектуют из отдельных компактных шкафов, в каждом из которых может находиться от двух до четырех присоединений к сборным шинам (модулей). В качестве основного коммутационного аппарата используется вакуумный выключатель типа ВВ/TEL.

КРУ/TEL предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее (эффективное) значение температуры окружающего воздуха не выше +40°С;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не ниже –45°С.

Технические характеристики КРУ/TEL

Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток сборных шин, А	400
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630
Номинальный ток отключения выключателей, встроенных в КРУ, кА	16,0
Время протекания тока термической стойкости, с,	
– для главных цепей	3
– для цепей заземления	1
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:	
– постоянного тока	220, 48
– переменного тока	220
Допустимое отклонение напряжения вспомогательных цепей	–15%; +10%

Габаритные размеры шкафа, мм, не более:	Количество присоединений к сборным шинам		
	2	3	4
высота	2000(1430*)	2000(1430*)	2000(1430*)
глубина	550	550	550
ширина	510	680	850
Масса шкафа*, кг, не более	200	250	300

Примечание:
* Без релейного отсека

Полная безопасность эксплуатации КРУ/TEL обеспечивается конструктивными решениями, простотой и наглядностью коммутационных операций, а также продуманной системой оперативных блокировок.

К конструктивным решениям, обеспечивающим безопасность эксплуатации, относятся:

- применение изолированных сборных шин;
- наличие металлических перегородок между отсеками шкафов и между отдельными кабельными присоединениями, позволяющих локализовать аварию в пределах одного отсека (присоединения);
- использование задних листов обшивки высоковольтного и кабельного отсеков в качестве аварийных клапанов сброса давления в необслуживаемую зону при возникновении электрической дуги;
- наличие на фасаде шкафов гнёзд для проверки наличия напряжения и фазировки кабелей;
- ограничение доступа к кабельным присоединениям специальными панелями.

Простота и наглядность коммутационных операций обеспечивается:

- оригинальной конструкцией вакуумных выключателей и разъединителей (разъединителей-заземлителей);
- возможностью визуального контроля положения контактов разъединителей;
- наличием действующей мнемосхемы, отражающей положение главных контактов выключателей и разъединителей.

Система блокировок предотвращает неправильные действия персонала при производстве оперативных переключений.

2.2.3. Комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P (РК Таврида Электрик)

Комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P предназначены для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц напряжением 6 и 10 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью.

КРУ серии 0-12P применяют в качестве РУ напряжением 6 и 10 кВ трансформаторных подстанций, в том числе комплектных и контейнерных, напряжением 110/35/6(10)кВ, 110/6(10) кВ; 35/6(10) кВ и 6 (10)/0;4 кВ, а также в качестве распределительных пунктов.

КРУ серии 0-12P предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее (эффективное) значение температуры окружающего воздуха не выше + 45°C;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не ниже –25°C.

Для обеспечения нормальных температурных условий работы комплектующей аппаратуры в шкафах КРУ предусматривается установка антиконденсатных нагревательных элементов.

КРУ серии 0-12P могут устанавливаться в контейнерах, оборудованных системой обогрева.

Технические характеристики КРУ серии D-12P

Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12,0
Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000; 1250; 1600; 2500; 3150; 4000
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000; 1250; 1600; 2500; 3150; 4000
Номинальный ток отключения выключателей, встроенных в КРУ, кА	12, 5; 20; 25; 31, 5; 40; 50
Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА	до 125
Ток термической стойкости, кА	20; 25; 31, 5; 40; 50
Время протекания тока термической стойкости, с	1
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	до 220**

Габаритные размеры шкафов, мм:	
ширина A	600*, 700***, 750, 900, 1000
глубина C	1300, 1400****
высота B	2150, 2220, 2320*****
Масса, кг	от 540
*По специальному заказу; **Любое стандартное напряжение постоянного, переменного или выпрямленного тока; ***Шкафы с выключателями нагрузки; ****Шкафы на номинальный ток 4000 А; *****В зависимости от типа выключателя.	

В КРУ серии D-12P используется оборудование ведущих изготовителей: ABB, Schneider Electric, Alstom и др.

Полная безопасность эксплуатации КРУ серии 0-12P обеспечивается конструктивными решениями, простотой и наглядностью коммутационных операций, а также продуманной системой оперативных блокировок.

К конструктивным решениям, обеспечивающим безопасность эксплуатации, относятся:

- наличие металлических перегородок между отсеками шкафов, позволяющих локализовать аварию в пределах одного отсека;
- наличие систем дуговой защиты с аварийными клапанами сброса давления и концевыми выключателями со временем срабатывания до 20 мс или с модулями VAMP со временем срабатывания до 5 мс;
- размещение на фасаде шкафов индикаторов наличия напряжения на токоведущих частях отсека присоединений и гнезд для проверки наличия напряжения и фазировки кабелей.

Простота и наглядность коммутационных операций обеспечивается:

- возможностью визуального контроля положения коммутационных аппаратов;
- наличием на фасаде шкафов мнемосхемы, отражающей положение выдвижного элемента, а также контактов выключателей, разъединителей и заземлителей.

Система блокировок предотвращает неправильные действия персонала при производстве оперативных переключений.

Предусмотрены следующие механические блокировки:

- блокировка, фиксирующая выдвижной элемент в рабочем и испытательном положении;

- блокировка, препятствующая перемещению выдвижного элемента при включенном заземлителе;
- блокировка, препятствующая открытию шторок в контрольном и ремонтном положениях выдвижного элемента;
- блокировка, препятствующая открыванию дверцы отсека выдвижного элемента при рабочем и промежуточном положении выдвижного элемента;
- блокировки, препятствующие операциям с заземлителем при открытой дверце отсека присоединений, при нахождении выдвижного элемента в рабочем или промежуточном положениях;
- блокировка, препятствующая изменению положения контактов заземлителя при внешних воздействиях (вибрации);
- блокировка, препятствующая открытию дверцы отсека присоединений при отключенном заземлителе;
- блокировка, препятствующая вкатывание в шкаф выдвижного элемента, не соответствующего назначению шкафа или выдвижного элемента с другим номинальным током;
- блокировка, препятствующая перемещению выдвижного элемента в рабочее положение без подключения вторичных цепей.

В КРУ серии 0-12Р, помимо механических, предусмотрены замковые блокировки, обеспечивающие правильную последовательность коммутационных операций.

2.2.4.Комплектные распределительные устройства 6/10 кВ серии К-63 (ОАО Самарский завод «Электрощит»)

Комплектные распределительные устройства напряжением 6 и 10 кВ серии К-63 применяются в качестве распределительных устройств 6–10 кВ, в том числе распределительных устройств трансформаторных подстанций, включая комплектные трансформаторные подстанции (блочные) 220/110/35/6–10 кВ, 110/6–10 кВ, 110/35/6–10 кВ, для электрических станций и систем электрификации железнодорожного транспорта. КРУ серии К-63 могут поставляться для расширения уже действующих распредустройств других производителей и подключаться через переходные шкафы, входящие в состав КРУ.

В общем случае КРУ поставляется отдельными ячейками с элементами стыковки ячеек в распредустройстве. По требованию заказчика, КРУ поставляются транспортными блоками, каждый из которых состоит из трех ячеек со смонтированными соединениями главных и вспомогательных цепей.

В качестве РЗиА могут использоваться как электромеханические реле, так и микропроцессорные устройства российских и зарубежных производителей.

Кроме того, комплектное распределительное устройство серии К-63 имеет дуговую защиту двойного действия, антикоррозийное покрытие с применением горячего цинкования и электрофорезного грунта, росоустойчивую изоляцию. Усилия при ручном оперировании уменьшены в 1,5–2 раза по сравнению с отечественными аналогами.

Таблица 2.15

Технические характеристики КРУ серии К-63

Параметры	Значение параметра
Номинальное напряжение (линейное), кВ:	
при частоте 50 Гц	6,0; 10
при частоте 60 Гц	6,6; 11
Наибольшее раб. напряжение (линейное), кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных цепей ячеек КРУ, А: для исполнений УЗ: при частоте 50 Гц/60 Гц	630;1000;1600/630;1250
для исполнения ТЗ: при частоте 50 Гц/60 Гц	630;1250/630;1000
Номинальный ток сборных шин, А при частоте 50 Гц/60 Гц	1000*; 1600; 2000;3150/800*; 1000;1600:2000
Номинальный ток отключения выключателя, встроенного в КРУ, кА: — при частоте 50 Гц/60 Гц	16; 20; 25; 31,5***/16; 25
Ток термической стойкости (кратковременный ток) при времени протекания 3 с, кА	20;31.5**
Номинальный ток электродинамической стойкости главных цепей шкафов КРУ, кА	51; 81
Уровень изоляции	нормальная
Вид изоляции	воздушная, твердая, комбинированная
Вид линейных высоковольтных подсоединений	кабельные, шинные
Условия обслуживания	с двухсторонним обслуживанием
Степень защиты	ячеек КРУ-1Р20, а при открытых дверях релейных шкафов и нахождении выдвижного элемента ячейки в контрольном положении — 1РОО
Вид основных ячеек КРУ в зависимости от встраиваемого электрооборудования	с выключателями высокого напряжения с разъединяющими контактами; с трансформаторами напряжения; с силовыми трансформаторами; комбинированные; с разрядниками или ОПН; со статическими конденсаторами;
Вид управления	местное, дистанционное

Габаритные размеры высоковольтных ячеек без шинопровода, высота/глубина/ширина, мм, не более	2268/1250(1450****)/750
Масса, кг, не более	600
*КРУ со сборными шинами на ток 1000 А при частоте 50 Гц и на ток 800 А при частоте 60Гц выполняются только на ток электродинамической стойкости 51 кА; **для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформатора тока; ***в зависимости от типа встраиваемого выключателя параметры тока отключения могут уточняться; ****КРУ с подключением силового кабеля внутри ячейки.	

2.2.5. Комплектные распределительные устройства с элегазовыми выключателями (ОАО «Новая Эра», Санкт-Петербург)

Комплектные распределительные устройства серий К-304СЭ-НЭ и К-305СЭ-НЭ предназначены для внутренней установки; выпускаются в металлической оболочке, с элегазовыми выключателями типа LF, в сейсмостойком исполнении, используются в сетях с изолированной нейтралью, имеют климатическое исполнение «У» и «ТЦ, категория размещения «3».

КРУ изготавливают для всех видов электростанций, подстанций, систем электроснабжения, включая АЭС. Имеется дуговая защита отсеков шкафов КРУ, применяются электромеханические реле, а также микропроцессорные устройства типа SPAC, БМРЗ, SEPAM и др.

КРУ имеют твердую и воздушную изоляцию, местное и дистанционное управление, двухстороннее обслуживание.

Технические характеристики КРУ серий К-304СЭ-НЭ и К-305СЭ-НЭ

Номинальное напряжение, кВ 6, 10
Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ. 7,2; 12
Номинальный ток главных цепей шкафов, А . . . . 630; 1600 (2500)**
Номинальный ток сборных шин, А. 630; 1000; 1250; 1600; 2000; (2500)
Номинальный ток отключения выключателей,
встраиваемых в КРУ, кА 40
Ток термической стойкости (кратковременный),* кА. 40
Номинальный ток электродинамической стойкости главных цепей, кА 102
Номинальная мощность трансформаторов собственных нужд,
встраиваемых в шкафы КРУ, кВ·А 40, 63
Ток холостого хода, А, трансформаторов собственных нужд
отключаемый разъемными контактами с номинальным напряжением:
– 6 кВ 0,6
– 10 кВ. 0,4
Номинальное напряжение вспомогательных цепей постоянного тока, В. 220
Уровень изоляции . . . . нормальный
Масса шкафа КРУ (в зависимости от исполнения), кг. . . . . . . 680–950 (до 1150)

Примечания. * Время протекания тока термической стойкости для главных цепей — 3 с, для заземляющих ножей 1 с. В скобках указаны данные для К-305СЭ-НЭ.

2.2.6. Комплектные распределительные устройства 6/10 кВ серий К-204 и К-205 (ОАО «Завод Электропульт»)

Комплектные распределительные устройства серий К-204 ЭП и К-205 ЭП на напряжение 6 и 10 кВ применяются для всех видов электрических станций и подстанций, энергосистем и электроснабжения предприятий всех отраслей промышленности, включая объекты атомной энергетики.

Представляют собой набор отдельных шкафов с коммутационными аппаратами и оборудованием, приборами и аппаратурой защиты и автоматики, измерения, управления, сигнализации и другими вспомогательными устройствами, соединенными между собой в соответствии с электрической схемой.

Встраиваемая в шкафы аппаратура и присоединения определяют вид их конструктивного исполнения. Присоединения (вводы и выводы) могут быть как кабельными, так и шинными. Устройства серии К-205 ЭП используются совместно с устройствами серии К-204 ЭП как шкафы ввода и секционирования.

Шкафы могут устанавливаться однорядно или двухрядно.

Степень защиты IP20 при разобщенном положении выкатного элемента и открытых дверях (К-205 ЭП) — IP00.

Технические характеристики К-204 ЭП и К-205 ЭП

	К-204 ЭП	К-205 ЭП
Номинальное напряжение (линейное), кВ	6; 10	
Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ	7,2; 12	
Номинальный ток главных цепей, А	400–1600	2000–3150
Номинальный ток отключения выключателей, кА	4; 20; 31,5; 40, 50	31,5; 40; 50
Ток термической стойкости, кА	4; 20; 31,5; 40	31; 40; 50
Номинальный ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	10; 51; 81; 128	81; 128
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:		
– постоянного тока	220	
– переменного тока	220	
Климатическое исполнение	У, Т категории 3	
Обслуживание	двухстороннее	

Примечание. Время протекания тока термической стойкости главных цепей — 3 с, для заземляющих ножей —1 с.

Шкафы КРУ имеют жесткую конструкцию и выполняются как со стандартным размещением аппаратов, так и выдвижного типа с выкатными элементами; используют ТТ типа ТЛ10 с более высокими характеристиками. По способу присоединения шкафы могут быть с именным или кабельным вводом. Имеется дуговая защита отсеков.

2.2.7. Комплектные распределительные устройства 6(10) кВ КРУ-АТ (ООО ПКФ «Автоматика»)

Комплектные распределительные устройства серии КРУ-АТ на напряжение 6(10) кВ частоты 50 и 60 Гц предназначены для работы в сетях с изолированной нейтралью.

Серия ячеек КРУ-АТ внутренней установки имеет следующие варианты исполнения:

1) по типу выдвижного элемента:
- выкатного типа;
- кассетного типа;

2) по виду обслуживания:
- одностороннее;
- двустороннее;

3) по способу расположения сборных шин:
- верхнее расположение;
- нижнее расположение.

Технические характеристики КРУ-АТ

Номинальное напряжение (линейное) при частоте 50 Гц, кВ 6; 10
Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ. 7,2; 12
Номинальный ток главных цепей шкафов КРУ
при частоте 50 Гц, А 630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150

Номинальный ток сборных шин при частоте 50 Гц, А 1000; 1600; 2000; 2500; 3150

Номинальный ток отключения выключателя, встроенного
в КРУ при частоте 50 Гц, кА 12,5; 20; 25; 31,5; 40
Ток термической стойкости при времени
протекания тока 3с, кА. 12,5; 20; 25;31,5; 40
Номинальный ток электродинамической
стойкости главных цепей шкафов КРУ, кА 32; 51; 63; 80; 100; 125; 128
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:
– постоянного тока 110:220
– переменного тока 220

Вид изоляции . . . . воздушная, с изолированными, неизолированными и частично изолированными шинами

Вид линейных высоковольтных подсоединений . . . . кабельные, шинные
Максимальное количество высоковольтных кабелей ввода 4
Наибольшее сечение кабелей высокого напряжения., мм^2 . . . . 3×240
Габаритные размеры (высота, ширина, глубина) . . . в зависимости от исполнения

Применяемые типы защит: УЗА-АТ, УЗА-10, Micom, Sepam, Spac, релейная и др.

2.2.8. Комплектные распределительные устройства внутренней установки серии К-02-3 (ЗАО «ЧЗСЭ» Электросила)

Комплектное распределительное устройство из шкафов серии К-02-3 относится к климатическому исполнению «У» категории размещения 3 и эксплуатируется в следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не выше 40°С;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха –25° С.

Технические характеристики КРУ из шкафов серии К-02-3

Номинальное напряжение (линейное) при частоте 50 Гц, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных цепей шкафов КРУ при частоте 50 Гц, А	630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150
Номинальный ток сборных шин при частоте 50 Гц, А	630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150
Номинальный ток отключения выключателя, встроенного в КРУ при частоте 50 Гц, кА	20; 31,5; 40
Ток термической стойкости при времени протекания тока 3 с, кА	20; 31,5; 40
Номинальный ток электродинамической стойкости главных цепей шкафов КРУ, кА	51; 81
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:	
– переменного тока	220
– постоянного тока	110; 220

Изоляция — воздушная, комбинированная, нормальная. КРУ выполнены с выкатными и без выкатных элементов; высоковольтные присоединения — кабельные и шинные; обслуживание — двухстороннее; степень защиты: IP20 при закрытых дверях, IP00 при открытых дверях релейных отсеков и при контрольном положении выкатного элемента; управление — местное и дистанционное.

Габаритные размеры, мм:	
– ширина	750; 1000 (при токе главных цепей шкафа свыше 2000 А)
– глубина	1300
– высота	21
Масса	от 300 до 750 кг

2.2.9. *Ячейки КСО-6(10)-Э1 (ОАО «ПО ЭЛТЕХНИКА»)*

Серия модульных ячеек в металлических корпусах с воздушной изоляцией типа «АВРОРА» имеет стационарные, но технически выдвижные или выкатные силовые выключатели, воздушные разъединители и выключатели нагрузки, измерительные ТТ и ТН и ТСН.

Ячейки КСО-6(10)-Э1 «АВРОРА» предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 6 и 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в сетях с изолированной или заземленной нейтралью.

Применение ячеек КСО-6(10)-Э1 «Аврора» согласовано с Госэнергонадзором Российской Федерации и РАО «ЕЭС России».

Технические характеристики ячейки КСО-6(10)-Э1

Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10,0
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000
Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000
Ток электродинамической стойкости, кА	51
Ток термической стойкости, в течение 2 с, кА	20
Номинальный ток отключения вакуумных выключателей, кА	12,5; 20
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, А	4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 31 ,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 200
Номинальный ток трансформаторов тока, А	75–1500
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:	
– постоянного тока	110; 220
– переменного тока	110; 220
освещения (ток переменный)	36
Степень защиты оболочкой	IP31
Габаритные размеры, мм:	
– ширина	500; 750
– глубина	800
– высота	2160, 2360, 1950
Масса, кг:	
– ячеек с разъединителями и выключателями нагрузки	не более 240
– ячеек с силовыми выключателями	не более 490
– ячеек с трансформатором собственных нужд	не более 570

Ячейки КСО-6(10)-Э1 «Аврора» снабжены разъединителями с поперечным расположением полюсов по отношению к сборным шинам, воздушные выключатели нагрузки с защитой предохранителями, силовые вакуумные выключатели, цифровая защита. При расположении распредустройства в два или более

рядов между рядами ячеек устанавливается шинный мост или кабельная перемычка, поставляемая в комплекте в готовом виде.

Эксплуатационная безопасность обеспечивается многоуровневой системой блокировок, трехпозиционной конструкцией коммутационных аппаратов, изолированными шинами и комплексом конструктивных особенностей, позволяющих управлять и контролировать состояние ячейки, не открывая ее дверей.

Состояние аппаратов отображается на световых мнемосхемах. Механические указатели положения контактов трехпозиционных разъединителей и выключателей нагрузки жестко связаны с валом аппаратов. Емкостные делители, встроенные в опорные изоляторы и измерительные гнезда позволяют выполнять фазировку на низком напряжении, а при вставленном в гнезда блоке индикации обеспечивать постоянный визуальный контроль наличия напряжения.

Микропроцессорные блоки релейной защиты могут подключаться в SCADA систему. Управление и мониторинг осуществляются по локальной сети через последовательный интерфейс RS 485 по протоколу MODBUS RTU. В ячейках «Аврора» возможно применение микропроцессорных защит различных производителей.

Ячейки поставляются с высокой степенью заводской готовности и требуют минимального обслуживания во время эксплуатации. Аппараты в ячейках технологически выдвижные или выкатные, все органы управления расположены на передней панели. Силовые вакуумные выключатели и приводы трехпозиционных разъединителей и выключателей нагрузки исключают необходимость их регулировки и настройки в течение срока службы. Цифровые блоки релейной защиты снабжены системой самодиагностики.

Ячейки предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- температура окружающего воздуха от –25°C до +40°C;
- окружающая среда — невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

2.2.10. Комплектные распределительные устройства 6-10-35 кВ внутренней установки (компания «Шнейдер Электрик»)

Технические характеристики КРУ 6-10-35 кВ внутренней установки производства Schneider-Electric

Параметр	Тип КРУ		
	КРУ серии Fluair400	КРУ серии MCset	КРУ серии NEXIMA
Номинальное напряжение, кВ	35	6; 10	6; 10
Номинальный ток, А:			
– сборных шин	1250	1250; 2500; 3150	1250; 2500
– шкафов	630, 1250	630; 1250; 2500; 3150	630; 1250; 2500
Количество и сечение силовых кабелей в шкафах отходящих линий, мм^2	4 (3×240)	3 (3×240)	3 (3×240)
Номинальный ток отключения, кА	25; 31,5 62,5; 80 25; 3; 31,5; 3	25; 31,5; 40; 50 62,5; 80; 100; 128 25; 3 31,5; 3 40; 3; 50; 1	25; 31,5 62,5; 80 25; 3; 31,5; 3
Электродинамическая стойкость, кА	электрогазовый	электрогазовый	вакуумный
Термическая стойкость, кА; с	SF2	LF1; LF2; LF3	EVOLIS
Тип выключателя	встроенный	встроенный	встроенный
Тип привода	пружинный	пружинный	пружинный
Обслуживание шкафов	двухстороннее	одностороннее двухстороннее	одностороннее двухстороннее
Габариты шкафа, мм:			
ширина	1100	570; 700; 900	650; 800; 900
глубина	3200	1550; 1725; 2000**	1595; 1780; 2195**
высота	2255; 2335*	2300	2320
Масса шкафа отходящей линии, кг	1340	1150	750

Примечание:
* Для шкафов с встроенными трансформаторами напряжения
** Глубина ячеек зависит от способа установки и вида линейных высоковольтных присоединений

3. Высоковольтные выключатели

3.1. Общие сведения

В настоящее время на класс напряжения 6–10 кВ применяют различные типы выключателей: масляные, элегазовые, вакуумные и другие. Для повышения надежности систем электроснабжения применяют, как правило, вакуумные выключатели (ВВ), основную массу которых на промышленных предприятиях и в электрических сетях составляют выключатели на номинальный ток 630...1000 А и номинальный ток отключения 12,5...20 кА.

Из всех существующих типов выключателей вакуумные выключатели по надежности, воздействию на окружающую среду, обслуживанию при эксплуатации, диапазонам номинальных параметров и экономичности занимают лидирующее положение. Они постепенно вытесняют масляные, воздушные и другие типы выключателей в электрических сетях 6–110 кВ.

Одним из основных требований, которое предъявляется к вакуумным выключателям нового поколения, является работа ВВ без текущих и средних ремонтов в течение всего срока их службы (25 лет) с минимальными периодическими проверками их состояния.

Если при создании выключателей нового поколения, не требующих ремонта в течение 25 лет, ремонтопригодность отступает на задний план, то на первый план выступает долговременная надежная работа. Последняя может быть достигнута за счет применения простой конструкции привода с эффективной кинематической схемой.

3.2. Вакуумные выключатели серии BB/TEL *(РК «Таврида Электрик»)*

Вакуумные выключатели серии BB/TEL являются выключателями нового поколения, в которых реализованы самые современные достижения в вакуумной коммутационной технике и электромеханике. Это позволило создать аппараты высокого технического уровня, не требующие обслуживания в течение всего срока службы.

Выключатели серии BB/TEL предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока с изолированной, компенсированной или заземленной нейтралью частоты 50 Гц с номинальным напряжением до 10 кВ.

Особенностью их конструкции являются пофазные электромагнитные приводы с магнитной защелкой, механически связанные общим валом.

Вакуумные выключатели серии BB/TEL имеют большую механическую стойкость и надежность в течение всего срока службы, которые удалось достичь без проведения ремонтных работ в результате применения:

- простой кинематической схемы;
- небольшого числа деталей;
- движущихся частей, имеющих незначительное трение и способных работать без смазки;
- магнитной защелки вместо механической для удержания ВВ во включенном положении после прерывания тока в катушке электромагнита;
- электромагнитного привода;
- вакуумных дугогасительных камер (ВДК), коммутационная износостойкость которых в 2 раза превышает требования ГОСТ.

Отличительные особенности вакуумных выключателей серии BB/TEL:

- высокий коммутационный и механический ресурсы;
- отсутствие необходимости проведения текущего, среднего и капитального ремонтов в течение всего срока их службы;
- питание цепей управления от сети постоянного, выпрямленного и переменного оперативного тока в широком диапазоне напряжений (24–220 В);
- малое потребление мощности по цепи оперативного питания (10–100 Вт; 15–120 В·А);
- наличие типовых проектно-технических решений по установке во все типы КРУ и КСО;
- простое построение схем релейной защиты и автоматики с микропроцессорными защитами всех производителей;
- возможность отключения при потере оперативного питания;
- полная взаимозаменяемость с устаревшими маломасляными выключателями по главным и вспомогательным цепям;
- возможность работы в любом пространственном положении;
- малые габариты и масса.

Профилактический контроль технического состояния ВВ рекомендуется проводить в следующие сроки: при вводе в эксплуатацию, первую проверку — через 2 года эксплуатации, повторные — через каждые 5 лет (внешний осмотр, работоспособность ВВ, измерение

сопротивления главной цепи и испытание изоляции переменным одноминутным напряжением).

Внеочередные ремонты ВВ производятся после исчерпания коммутационного или механического ресурса с заменой ВДК.

Назначение блоков управления БУ/TEL вакуумными выключателями серии ВВ/TEL по основным функциям аналогично назначению приводов традиционных выключателей. Блоки управления БУ/TEL представляют собой электронные устройства нового поколения, позволяющие с высокой точностью поддерживать режимы управления ВВ, обеспечивая тем самым оптимальные условия для его работы.

Диапазон рабочих температур выключателей: +50°С...–40°С. Максимальная относительная влажность воздуха 100% при t = 25°С.

В табл. 3.1 приведены технические характеристики ВВ серии ВВ/TEL.

Таблица 3.1

Технические характеристики вакуумных выключателей серии ВВ/TEL

Параметры	Нормируемое значение			
	ВВ/TEL-10-12,5 / 1000У2	ВВ/TEL-10-20/ 1000У2	ВВ/TEL-10-20/ 1600У2	ВВ/TEL–10-25/ 1600У2
Номинальное напряжение, кВ	10			
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12			
Номинальный ток, А	1000[1)]	1000[1)]	1600	1600
Номинальный ток отключения, кА	12,5	20	20	25
Ток термической стойкости (3 с), кА	12,5	20	20	25
Сквозной ток короткого замыкания, кА:				
а) наибольший пик	32	51	51	64
б) периодическая составляющая	12,5	20	20	25
Нормированное процентное содержание апериодической составляющей, %	40	30	30	30
Ресурс по коммутационной стойкости:				
а) при номинальном токе отключения, «О»	100	100	150	50
б) при номинальном токе отключения[2)], «В–О»	100	50000	50	30

Параметры	Нормируемое значение			
	ВВ/TEL-10-12,5 / 1000У2	**ВВ/TEL-10-20/ 1000У2**	**ВВ/TEL-10-20/ 1600У2**	**ВВ/TEL--10-25/ 1600У2**
в) при номинальном токе, «В–О»	50000	100000[3)]	30000	30000
Механический ресурс циклов «В–О»	50000	50000 100000[3)]	30000	30000
Собственное время отключения, мс:				
а) при использовании ВР-02А и BU-05A, не более	85			
б) при использовании БУ-12 А, не более	45			
Полное время отключения, мс:				
а) при использовании ВР-02А и BU-05A, не более	95			
б) при использовании БУ-12 А, не более	55			
Собственное время включения, мс				
а) при использовании ВР-02А и BU-05A, не более	100			
б) при использовании БУ-12 А, не более	90			
Время протекания тока КЗ, мс, не менее	120			
Разновременность замыкания и размыкания контактов, мс, не более	4			
Номинальное напряжение электромагнитов привода (постоянный ток) , В	220			
Электрическое сопротивление главной цепи полюса, при номинальном токе 1000 А, мкОм, не более	40	40	25	25
Масса коммутационного модуля, кг, не более				
а) с межполюсным расстоянием 200 мм	35	35	65	65
б) с межполюсным расстоянием 250 мм	37	37	70	70

Параметры	Нормируемое значение			
	ВВ/TEL-10-12,5 / 1000У2	**ВВ/TEL-10-20/ 1000У2**	**ВВ/TEL-10-20/ 1600У2**	**ВВ/TEL--10-25/ 1600У2**
Срок службы, лет	25			

Примечание:

1) при использовании радиаторов охлаждения в соответствии с монтажным чертежом; при отсутствии радиаторов номинальный ток 800 А.

2) при других значениях тока коммутационный ресурс определяется в соответствии с диаграммой 1.

3) значения механического и коммутационного ресурса выключателя, предназначенного для работы с частыми режимами коммутаций при номинальном токе 800 А.

Для включения ВВ используют энергию предварительного заряженных малогабаритных конденсаторов, установленных в БУ.

Применение стабилизаторов напряжения в схеме зарядки конденсаторов обеспечивает работоспособность ВВ при колебаниях напряжения внешней сети от 80 В до 300 В. Схема питания ВВ обеспечивает независимость включающей способности ВВ от значительного снижения напряжения питания во время включения ВВ на близкое КЗ, что особенно важно при эксплуатации.

Выключатели соответствуют требованиям МЭК — 56, ГОСТ 687, техническим условиям ТШАГ 674152.004 ТУ и предназначены для коммутации токов при операциях «О», «В», «В–О», «О–В» и циклах «О — 0,3с — В–О»; «О — 0,3с — В–О — 15с — В–О» и «О — 0,3с — В–О — 180с — В–О».

Рабочее положение в пространстве:

а) для выключателей на номинальный ток 1000 А — любое;

б) для выключателей на номинальный ток 1600 А — вертикальное, основанием привода вниз или вверх.

Выключатели имеют по 12 блок-контактов (6 нормально замкнутых и 6 нормально разомкнутых) для использования во внешних цепях управления и сигнализации, а также 1 служебный нормально-замкнутый блок-контакт, обеспечивающий нормальную и согласованную работу устройства управления и выключателя.

При потере оперативного напряжения включение ВВ можно произвести с помощью стандартных элементов питания, подключив их к низковольтному входу БУ (12–24 В).

Полимерная изоляция ВВ обладает высокой электрической прочностью и загрязняется незначительно.

Потребителям этих выключателей выгодна новая форма обслуживания при 7-летней гарантии: сервисные работы по договоренности, что значительно снижает эксплуатационные затраты, исключает не-

цимость приобретения запасных частей, а также подготовки по-
ителем квалифицированного ремонтного персонала.

редприятие РК «Таврида Электрик» постоянно совершенствует продукцию, в том числе и по замечаниям заказчиков. Так, ОПН из :ов ВВ перенесены в отсеки КРУ за трансформаторы тока; ОПН вы-ют с более высокой пропускной способностью (не менее 500 А); уве-на мощность рассеяния резистора R3 модуля управления; в приводах ювлены новые пластмассовые втулки с повышенной механической ностью; для увеличения коммутационной способности блок-контак- BB/TEL исполнений 51, 52, 70 и 71 используют микропереключате-зейцарской фирмы «Sala-Burgess Electronics» с повышенной надеж-ью; разработана новая серия блоков управления БУ-12 и др.

настоящее время для современных вакуумных выключателей око применяют пружинно-моторные и электромагнитные приво-имеющие свою область применения. Так, электромагнитные при-ı используются в основном для коммутации малых токов КЗ (до А). Для больших токов, начиная с 13 кА, экономично и надежно иенять мощные пружинные приводы.

;.3. Вакуумные выключатели типов ВВТЭ-М-10, ЗБПС-10, ВВЭ-М-10, ВБПВ-10, ВБЧ, ВБСК-10 *ОАО «Электрокомплекс»)*

Закуумные выключатели ОАО «Электрокомплекс», предназначе-для применения в распределительных электрических сетях напря-ием 6–35 кВ. Далее приведены технические характеристики ваку-ых выключателей ОАО «Электрокомплекс».

Гехнические характеристики вакумных выключателей представ-ы в таблице 3.2.

Технические характеристики вакуумных выключателей (ОАО «Электрокомплекс»)

Кроме того, ОАО «Электрокомплекс» выпускает следующие ва-мные выключатели на токи 1000, 1250 и 1600 А с электромагнит-и приводом:

	ВБ/ЭЛКО/ТЭ	ВБН/ЭЛКО/ТЭ
инальное напряжение, кВ	20; 35	35
симальное рабочее напряжение, кВ	24; 36	36
инальный ток отключения, кА	25; 25	25
меняемость (типы КРУ)	Для вновь разрабатываемых КРУ	Для наружной установки
пазон рабочих температур	–60°С...+50°С	

Таблица 3.2

Технические характеристики вакуумных выключателей (ОАО «Электрокомплекс»)

	ВВТЭ-М-10	ВБПС-10	ВВЭ-М-10	ВБПВ-10	ВБЧ-СП-10	ВБЧ-СЭ-10	ВБСК-10	ВВЭ-М-10
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10	10	10	10	10
Номинальный ток, А	630...1600	630...1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	2000, 2500, 3150
Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20; 31,5	12,5; 20; 31,5	20; 31,5	20; 31,5	20; 31,5	20; 31,5	12,5; 20	40
Полное время отключения, с	0,04	0,055	0,04	0,035	0,04	0,04	0,05	0,05
Собственное время включения, с	0,1	0,06	0,1	0,06	0,1	0,1	0,2	0,1
Коммутационная износостойкость:								
при ном. токе, циклы «В–О»	50000	25000	50000	25000	30000	30000	50000	10000
при ном. токе отключения, циклы «В–О»	50	50	50	50	50	50	50	25
Ресурс по механической стойкости «В–О»					30000	30000	50000	10000
Габариты, мм	640×547×436	650×560×390	828×617×623	828×617×623	960×560×516	1160×560×516	492×467×310	945×624×678
Масса, кг, не более	77	73	91…96	> 92	104	104	42	210
Привод	Электромагнитный	Пружиномоторный	Электромагнитный	Пружиномоторный	Электромагнитный	Электромагнитный	Электромагнитный	Электромагнитный
Применяемость	Предназначены для установки в ячейки КРУЭ-6П, 2КВЭ-6М, КРУП-6П, а также для замены маломасляных выключателей в любых типах распределительных устройств		Предназначены для установки в КРУ типа К- 104, КМ-1Ф, К-49. Выключатели по своим присоединительным размерам и схемам управления взаимозаменяемы с выключателями типа ВК-10 и ВКЭ-10		Предназначены для установки в КРУ типа КРУЭ-10, КРУЭП-10, ПП-10-6/630ХЛ1		Для замены маломасляных-выключателей	Предназначены для установки в КРУ типа К- 105 и замены маломасляных выключателей
Исполнение	Стационарное		Выкатной элемент				Стационарное	Стационарное Выкатной элемент

3.4. Вакуумные выключатели серий ВБКЭ-10, ВБЦ-35, ВБЭ-110
(ОАО «Нижнетуринский электроаппаратный завод»)

1. Выключатели вакуумные серии ВБКЭ-10 с пружинным приводом предназначены для включения и отключения электрических цепей в нормальном и аварийном режимах работы, в том числе при коротких замыканиях, с номинальными токами отключения 20 и 31,5 кА. Они приспособлены для встраивания в шкафы комплектных распределительных устройств (КРУ) выкатного типа номинального напряжения 10 кВ трехфазного переменного тока частоты 50 Гц.

Выключатели предназначены для замены маломасляных выключателей типа ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серии КМ-1, К-104, К-59, K-XII, K-XXVI, КРУ-2-10, К-37. По согласованию между потребителем и разработчиком производится адаптация выключателя к ячейкам других типов.

Технические характеристики ВВ серии ВБКЭ-10

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	630; 1000; 1600
Номинальный ток отключения, кА	20; 31,5
Нормированные параметры тока включения, кА:	
– наибольший пик тока короткого замыкания, кА	52; 80
– начальное действующее значение периодической составляющей	20; 31,5
Предельный сквозной ток, кА:	
– начальное эффективное значение периодической составляющей	20; 31,5
– амплитуда	52; 80
Предельный ток термической стойкости, кА	20; 31,5
Время протекания предельного тока термической стойкости, с	3
Минимальная бестоковая пауза при АПВ, не более, с	0,3
Собственное время отключения выключателя, не более, с	0,06
Полное время отключения выключателя, не более, с	0,08
Собственное время включения выключателя, не более, с	0,06
Номинальное напряжение постоянного тока включающего, отключающего и электромагнита заводки включающих пружин, В	110; 220
Номинальное напряжение переменного тока включающего, отключающего и электромагнита заводки включающих пружин, В	220
Ресурс по механической стойкости, циклов ВО:	
при номинальном токе отключения	50
при номинальном токе	25000
Механический ресурс, число циклов ВО, не менее	25000
Потребляемый ток электромагнитов, не более. А:	
– включающего при $U = 220$ В	2,5

• при U =110 В . . . . 3,0(5,0)*
• при U ~ 220 В . . . . 2,0(4,0)*
– отключающего при U = 220 В 2,5
• при U =110 В . . . . 3,0(5,0)*
• при U ~ 220 В . . . . 2,0(4,0)*
– ЭВП при U = 220 В . . . . 25(50)**
• при U =110В. 50
• при U ~ 220 В . . . . 25(50)**
Масса выключателя, не более, кг . . . . 190...200
Тип привода. . . . . пружинный, с заводкой включающей пружины электромагнитом

* — для исполнений с номинальным током отключения 31,5 кА
** — определяется исполнением катушки

2. Вакуумный выключатель внутренней установки серии ВБЦ-35 (трехполюсный) предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока. Выключатель применяется в электроэнергетике, рудно-термических, электродуговых и других электроустановках с частыми коммутациями. Выключатель ВБЦ-35 заменяет любой выключатель класса 35 кВ внутренней установки. Выключатель имеет встроенное устройство ограничения перенапряжений.

Технические характеристики ВВ серии ВБЦ-35

Номинальное напряжение, кВ. 35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ 40,5
Номинальный ток, А 1250, 1600
Номинальный ток отключения, кА 20
Отключаемый емкостный ток, не более, А 1250
Стойкость при сквозных токах:
– ток термической стойкости, кА (время протекания 3с). 20
– амплитуда предельного сквозного тока, кА 50
Собственное время отключения с приводом, не более, с 0,06
Время отключения выключателя, не более, с 0,08
Собственное время включения, не более, с 0,3
Номинальное напряжение постоянного тока электромагнита управления, В. 220
Максимальное (установившееся) значение тока потребления электромагнита, не более, А:
– включающим 50
– отключающим 2,5
Механический ресурс, число циклов ВО 50000
Коммутационная износостойкость, число циклов ВО:
– при номинальном токе 20000
– при номинальном токе отключения операций ВО 50
– при номинальном токе отключения операций О 70

Диапазон рабочих температур, °С . . . . –25...+40

3. Вакуумный выключатель внутренней установки серии ВБЭ-110 предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частоты 50 и 60 Гц для закрытых распределительных устройств напряжением 110 кВ, в том числе для коммутации трансформаторов дуговых сталеплавильных печей.

Выключатель имеет пополюсное управление встроенным электромагнитным приводом. По требованию заказчика для питания электромагнитов управления от источника переменного тока дополнительно поставляется блок питания с выпрямительным устройством.

Технические характеристики ВВ серии ВБЭ-110

Номинальное напряжение, кВ 110
Наибольшее рабочее напряжение, кВ 126
Номинальный ток, А 1250; 1600
Номинальный ток отключения, кА 20; 31,5
Отключаемый емкостный ток, не более, А 1600
Собственное время отключения с приводом, не более, с 0,06
Время отключения выключателя, не более, с 0,08
Механический ресурс, число циклов ВО 10000
Коммутационная износостойкость, число циклов ВО:
– при номинальном токе 20000
– при номинальном токе отключения 50
Габаритные размеры, мм:
– глубина 840
– ширина 460
– высота 4061
Масса полюса, кг 470

3.5. Вакуумные выключатели серии ВБТЭ *(Уфимский завод «Электроаппарат» и ХК «Электрозавод»)*

Вакуумные выключатели серий ВБТЭ-М(М1)-10-20 и ВБТЭ-М-10-31,5 предназначены для коммутации в нормальных и аварийных режимах электрических цепей трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 6–10 кВ в ячейках КРУ, КСО и др.

Вакуумные выключатели имеют компактную конструкцию, просты в обслуживании и надежны в эксплуатации, бесшумны, не имеют выбросов в атмосферу, характеризуются малым временем отключения, высокой скоростью восстановления прочности дугогасящего промежутка, большим коммутационным ресурсом,

стойкостью к электромагнитным полям и вибрационным нагрузкам. Не требуют дополнительной установки блока управления и блока питания, в случае отсутствия питания отключаются механически.

Контроль и настройка параметров выключателей при приемосдаточных испытаниях и в эксплуатации проводится с использованием стационарной или переносной измерительной компьютерной системы (СКПВ), обеспечивающей выявление каких-либо дефектов и качественную оценку характеристик выключателей.

Возможны различные варианты по значениям переменного или постоянного напряжения оперативных цепей управления.

Таблица 3.3

Технические характеристики вакуумных выключателей серии ВБТЭ

Тип	ВБТЭ-М (М1)-10-20	ВБТЭ-М (М1)-10-31,5
Номинальное напряжение, кВ	10	
Номинальный ток, А	630, 1000, 1600	
Номинальный ток отключения, к А	20	31,5
Время отключения собственное/полное, не более, с	0,03/0,04	
Собственное время включения, не более, с	0,1	
Ток потребления электромагнита включения, не более, А	50	60
Ток потребления электромагнита отключения, не более, А	2,0	
Коммутационная износостойкость, число циклов вкл. — откл:		
— при номинальном токе 630 и 1000 А	50000	
— при номинальном токе 1600 и 2000 А	30000	40000
— при номинальном токе отключения	50	
Номинальное напряжение питания цепей управления:		
— постоянного тока (М), В	=220(110)	
— переменного тока 50Гц (Ml), В	~220	
Привод	электромагнитный	
Расположение вала	нижнее	
Климатическое исполнение и категория размещения	У2	
Масса, не более, кг	106	112
Габаритные размеры, мм	612×550×738	
Срок службы, не менее, лет	25	

3.6. Вакуумные выключатели «Эволис» *(«Шнейдер Электрик»)*

Вакуумные выключатели «Эволис» — новое поколение выключателей компании «Шнейдер Электрик», выпускаемых под торговой маркой

Merlin Gerin. Выключатели «Эволис» предназначены для применения в электрических распределительных сетях напряжением 6–10 кВ. Они соответствуют требованиям безопасности, нормативным документам в системе сертификации ГОСТ Р, а также требованиям МЭК.

Вакуумные выключатели «Эволис» имеют простой и компактный привод:

- пружинный с ручным и электрическим управлением;
- с ручным включением при отсутствии оперативного тока.

Конструктивное исполнение вакуумного выключателя «Эволис» позволяет устанавливать его в российских ячейках, а также заменять выключатели, отслужившие свой срок службы.

Диапазон рабочих температур, в котором нормально работает выключатель «Эволис» — –25°С...+40°С.

Таблица 3.4

Технические характеристики вакуумных выключателей Merlin Gerin

Номинальное напряжение, кВ	6			10		
Номинальный ток отключения, кА	25	31,5	40	25	31,5	40
Номинальный ток, А	630	1250	2500	1250	1250	1250
	1250	2500	630	630	2500	2500
Ток термической стойкости, 3 с, кА	25	31,5	40	25	31,5	40
Ток динамической стойкости (мгнов.), кА	62,5	80	100	62,5	80	100
Уровень изоляции:						
— испытания напряжением промышленной частоты 50 Гц, 2 мин, кВ	32			42		
— испытания импульсным напряжением, кВ	60			95		
Частота, Гц	50					
Временные характеристики:						
— время отключения, мс	<50					
— время включения, мс	<65					
Рабочие циклы	О — 3 мин — В–О — 3 мин — В–О					
	О — 0,3 с — В–О — 3 мин — В–О					
	О — 0,3 с — В–О — 15 с — В–О					
Ресурс по механической стойкости (кол-во операций)	20000					
Ресурс по коммутационной стойкости (кол-во коммутаций номинального тока отключения)	100	70	50	100	70	50

Таблиц 3.5

Массогабаритные параметры вакуумных выключателей Merlin Gerin

Модульная поставка (выключатель)	Межполюсное расстояние, мм	*W*, мм	*H*, мм	*D*, мм	Масса, кг
630, 1250, 1600 А, 25 кА	145	470	535	429	51
630, 1250, 1600 А, 31,5 кА	185	550	535	429	53

Модульная поставка (выключатель)	Межполюсное расстояиие, мм	*W*, мм	*H*, мм	*D*, мм	Масса, кг
2500 А — 31,5 кА 1250, 2500 А — 40 кА	240	660	535	429	66
Комплектная поставка (выключатель в кассете)	**Межполюсное расстояние, мм**	**W, мм**	**H, мм**	**D, мм**	**Масса, кг**
630, 1250 А, 25 кА	145	592	965	1140	165
630, 1250 А, 31,5 кА	185	702			174
2500 А — 31,5 кА 1250, 2500 А — 40 кА	240	882			272

3.7. Вакуумные выключатели серии ВБЭ *(ГНПП «Контакт», г. Саратов)*

Вакуумные выключатели серии ВБЭМ-10-12,5/800 УХЛ2 предназначены для работы в ячейках КРУ в электрических сетях трехфазного тока частотой 50 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью, а также в шкафах управления приемниками электроэнергии промышленных предприятий.

Допускается применение выключателей для пуска и отключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым или фазным ротором, а также торможения указанных двигателей противотоком и отключения медленно вращающихся электродвигателей.

Срок службы выключателей до среднего ремонта не менее 12 лет; срок службы до списания — 25 лет.

Вакуумные выключатели серии ВБЭМ-10-20/1000 УХЛ2 отличаются от серии ВБЭМ-10-12,5/800 УХЛ2 тем, что они предназначены для частых коммутационных операций. Такое же назначение имеют вакуумные выключатели серий ВБЭМ-10-20/1600(1000) УХЛ2, ВБ-10-20, ВБПП-10-20/1000 УХЛ2, ВБЭ-10-31,5/3150.

Вакуумные выключатели серии ВБЭ-10-31,5 со встроенным электромагнитным приводом предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока с изолированной нейтралью частоты 50 и 60 Гц с номинальным напряжением до 12 кВ.

Вакуумные выключатели серии ВБЭТ-27,5 предназначены для коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в электрических сетях однофазного переменного тока частотой 50 Гц для тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, а также в контактных сетях.

Выключатели вакуумные высоковольтные серии ВБЭТ-35 предназначены для коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для ОРУ и ЗРУ, объектов энергетики, для тяговых подстанций, а также для частых коммутаций в электротермических установках.

Выключатели вакуумные серии ВБЭК-35-25/1600 УХЛ2 в отличие от серий ВБЭМ-10-12,5/800 УХЛ2 предназначены для электрических сетей напряжением 35 кВ.

Технические характеристики вакуумных выключателей серии ВБЭ приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Технические характеристики вакуумных выключателей серий ВБЭ, ВБ, ВБПП

Параметры	ВБЭМ	ВБЭ	ВБ	ВБПП	ВБЭТ	ВБЭК, ВБЭС
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10	27,5; 35	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	12	12	12	29; 40,5	40,5
Номинальный ток, А	800; 1000	1600 (1000); 2000; 3150	1600	1000	630; 1600	1600
Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20	20; 31,5	20	20	25	25; 31,5
Собственное время включения, мс, не более	150	100; 200; 70	50–60	50–60	150	150
Собственное время отключения, мс, не более	30; 40	40; 30; 25–30	25–30	25–30	60; 80	80; 60
Масса выключателя, кг, не более	60	110 (170)*; 150 (200)*	70(75)*	57	400; 830	300; 700
Механический ресурс, циклов В–О	50000	50000 (25000) **	50000 (25000) **	25000	20000	20000
Коммутационный ресурс циклов В–О:						
при $I_{ном}$	50000	50000 (20000) ***	50000 (20000) ***	25000	20000	20000
при $I_{ном\ откл}$	100	100	100	100	менее 30	менее 70
Рабочий диапазон температур,°С	+50… –55	+50… –55	+55… –60	+55… –55	+40… –60	+55… –60
Габариты, мм (Ш×В×Д)	390×38×372; 390×390×460	600×598×522	—	—	920×1950×1200; 1910×1950×1200	2000×1750×520

Примечание:
*выкатное исполнение;
**с пружинно-магнитным приводом;
***для ВБЭ-10-31,5/3150

3.8. Универсальные малогабаритные вакуумные выключатели
(ОАО «Кушвинский электромеханический завод»)

Вакуумные выключатели типа ВБУП(Э)2-10 предназначены для работы в трехфазных сетях переменного тока с изолированной или заземленной нейтралью напряжением 10 кВ частотой 50 Гц в номинальных и аварийных режимах в электроустановках с частыми коммутациями.

В ряду классических конструкций и выключателей (с механическими защелками) имеет самые малые габаритные размеры.

Выключатели имеют универсальный привод (пружинный или электромагнитный без изменения конструкции и размеров выключателя):

- пружинный с заводкой включающей пружины мотор-редуктором;
- электромагнитный с заводкой включающей пружины электромагнитом.

Выключатели менее энергоемкие:

- ток потребления на включение выключателей
  - с пружинным приводом — 5 А;
  - с электромагнитным приводом — 40 А.
- питание цепей управления может осуществляться от постоянного или переменного тока.

Улучшенная конструкция выключателей обеспечивается за счет установки малогабаритной дугогасительной камеры типа КДВА-5; имеют полную заводскую готовность, обеспечивающую простой и быстрый монтаж выключателя или замену старого выключателя в различных ячейках КРУ.

Таблица 3.7

Технические характеристики выключателей типа ВБУ

Параметры	ВБУП2-10УЗ	ВБУЭ2-10УЗ
Номинальное напряжение, кВ	10	
Номинальный ток, А	630; 1000; 1600	
Номинальный ток отключения, кА	20	
Собственное время отключения, не более, с	0,055	
Собственное время включения, не более, с	0,01	0,03
Полное время отключения, не более, с	0,07	
Номинальное напряжение переменного тока для управления приводом, В	127; 220	110; 127; 220
Номинальное напряжение постоянного тока для управления приводом, В	110; 220	110; 220

Параметры	ВБУП2-10УЗ	ВБУЭ2-10УЗ
Ток потребления мотор-редуктора для завода включающей пружины при 220 В, А	5	
Ток потребления при 220 В:		
— включающего электромагнита, А	2,5	40
— отключающего электромагнита, А	2,5	
Коммутационная износостойкость, циклов В–О:		
— при номинальном токе	25000	
— при номинальном токе отключения	50	
Механический ресурс, циклов ВО	25000	
Габаритные размеры, мм:		
— ширина	480	
— глубина	440	
— высота	545	
Тип привода	пружинный	электромагнитный

3.9. Выключатели высоковольтные маломасляные типов ВГМ-15, МГУ-20 *(ОАО «Нижнетуринский электроаппаратный завод»)*

Выключатели высоковольтные маломасляные типа ВГМ-15, МГУ-20 предназначены для отключений в нормальном и аварийном режимах цепей генераторов трехфазного переменного тока. Выключатели служат для работы в сетях как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Выключатели предназначены для работы в следующих условиях:

- номинальные значения климатических факторов внешней среды
- для климатического исполнения У категории 3 (для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией при значении рабочей температуры окружающего воздуха от –25°С до +40°С и среднемесячном значении относительной влажности до 80% при +20°С);
- для климатического исполнения Т категории 3, но для работы при верхнем значении относительной влажности воздуха 95% при 35°С без конденсации влаги;
- высота над уровнем моря — не более 1000;
- окружающая среда — невзрывоопасная, не содержащая пыли в концентрациях, снижающих параметры выключателя в недопустимых пределах.

Технические характеристики выключателей ВГМ-15 и МГУ-20

	ВГМ-15	МГУ-20
Номинальное напряжение, кВ	15	20
Номинальный ток, А:		
– для частоты 50 Гц	11200	6300
– для частоты 60 Гц	10000	5700
Номинальный ток отключения, кА:		
– для частоты 50 Гц	90	90
– для частоты 60 Гц	71	75
Собственное время отключения выключателя, не более, с	0,15	0,15
Полное время отключения выключателя, не более, с	0,2	0,2
Собственное время включения выключателя, не более, с	0,7	0,8
Номинальное напряжение постоянного тока включающего (ЭВ) и отключающего (ЭО) электромагнитов, В	220	220
Ток потребления ЭВ, установившееся расчетное значение при номинальном напряжении, не более, А	410	210
Ток потребления ЭО, установившееся расчетное значение при номинальном напряжении, А	2,5±0,5	25

В табл. 3.8 приведены технические характеристики высоковольтных выключателей, выпускаемых предприятиями России.

Таблица 3.8, а

Технические характеристики вакуумных выключателей

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном.вкл}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маломасляные									
ВММ-10А-400-10У2	10	400	10	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВММ- 10-630- 10У2		630							
ВММ- 10-320- 10Т3	11	320							
ВПМ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/4	0,11; 0,14
ВПМ-10-20/630У2									0,14
ВПМП-10-20/630У3									
ВПМ-10-20/1000У3		1000							0,11; 0,14
ВПМ-10-20/1000У2									
ВПМП-10-20/1000У3									
ВМПЭ-10-630-20У3		630						20/8	0,095
ВМПЭ-10-1000-20У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-20У3		1600							
ВМПЭ-11-630-20Т3	11	630							
ВМПЭ-11-1250-20Т3		1250							
ВМПЭ- 10-630-3 1.5У3	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВМПЭ-10-1000-31,5У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-31,5У3		1600							
ВМПЭ-10-3150-31,5У3		3150							0,12

Продолжение таблицы 3.8,а

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВМПЭ-11-630-31.5ХЗ	11	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-11-1250-31,5ТЗ		1250							
ВМПЭ-11-2500-31.5ТЗ		2500							
ВК-10-630-20У2	10	630	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВК- 10-630-20ТЗ	11								
ВК-10-1000-20У2	10	1000							
ВК-10-1250-20ТЗ	11	1250							
ВК-10-1600-20У2	10	1600							
ВК-10-630-31.5У2	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВК-10-630-31.5ТЗ	11								
ВК-10-1000-31,5У2	10	1000							
ВК-10-1250-31,5ТЗ	11	1250							
ВК-10-1600-31,5У2	10	1600							
ВКЭ-10-20/630УЗ		630	20	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/630ТЗ	11								
ВКЭ-10-20/1000УЗ	10	1000							
ВКЭ-10-20/1250ТЗ	И	1250							
ВКЭ-10-20/1600УЗ	10	1600							
ВКЭ-10-31,5/630УЗ	10	630		80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВКЭ-10-31,5/630ТЗ	11								
ВКЭ-10-31,5/1000УЗ	10	1000							
ВКЭ-10-31,5/1250ТЗ	11	1250							
ВКЭ-10-3 1,5/1600УЗ	10	1600							
МГГ-10-3150-45УЗ	10	3150/–	45/45	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-4000-45УЗ		4000/–							
МГГ-10-5000-45УЗ		5000/–							
МГГ-10-5000-63УЗ		–/5000	63/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,13
МГГ-10-2000-45ТЗ	11	–/2000	45/45	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-3150-45ТЗ		–/3150							
МГГ-10-4000-45ТЗ		–/4000							
МГГ-11-3500/1000ТЗ	11,5	4000/3500	64/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,12

Продолжение таблицы 3.8,а

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электромагнитные									
ВЭМ-10Э-1000/20УЗ	10	1000	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВЭМ-10Э-1250/20УЗ		1250							
ВЭ-6-40/1600УЗ(ТЗ)	6(6,6)	1600	40	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/2000УЗ(ТЗ)		2000							
ВЭ-6-40/3200УЗ(ТЗ)		3200							
ВЭС-6-40/1600УЗ(ТЗ)		1600							
ВЭС-6-40/2000УЗ(ТЗ)		2000							
ВЭС-6-40/3200УЗ(ТЗ)		3200							
ВЭЭ-6-40/1600УЗ(ТЗ)		1600							
ВЭЭС-6-40/1600УЗ(ТЗ)								40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/2000ТЗ	6,6	2000							
ВЭЭС-6-40/2000ТЗ									
ВЭЭ-6-40/2500УЗ(ТЗ)	6(6,6)	2500							
ВЭЭС-6-40/2500УЗ(ТЗ)									
ВЭЭ-6-40/3150УЗ	6	3150							
ВЭЭС-6-40/3150УЗ									
ВЭ-10-1250-20-УЗ(ТЗ)	10	1250	20	51	20	51	20	20/4	0,075
ВЭ-10-1600-20-УЗ(ТЗ)	10	1600	20	51	20	51	20	20/4	0,075
ВЭ-10-2500-20-УЗ(ТЗ)		2500							
ВЭ-10-3600-20-УЗ(ТЗ)		3600							
ВЭ-10-1250-31,5-УЗ(ТЗ)		1250	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВЭ- 10- 1600-3 1,5УЗ(ТЗ)		1600							
ВЭ- 10-2500-3 1,5-УЗ(ТЗ)		2500							
ВЭ-10-3600-31,5-УЗ(ТЗ)		3600							
ВЭ-10-40/1600УЗ	10	1600	40	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/1600ТЗ	11								
ВЭ-10-40/2500УЗ	10	2500							
ВЭ-10-40/2500ТЗ	11								
ВЭ-10-40/3150УЗ	10	3150							
ВЭ-10-40/3150ТЗ	11								

Таблица 3.8, б

Технические характеристики вакуумных выключателей отечественного производства

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл.}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном.вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вакуумные									
ВВТЭ-10-10/630У2	10	630	10	25	10	25	10	10/3	0,05
ВВТП-10-10/630У2									
ВВТЭ-10-20/630УХЛ2			20	52	20	52	20	20/3	
ВВТП-10-20/630УХЛ2									
ВВТЭ-10-20/1000УХЛ2		1000							
ВВТП-10-20/1000УХЛ2									
ВВЭ-10-20/630У3		630							
ВВЭ-10-20/1000У3		1000							
ВВЭ-10-20/1600У3		1600							
ВВЭ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,75
ВВЭ-10-31,5/1000У3		1000							
ВВЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВЭ-10-31,5/2000У3		2000							
ВВЭ-10-31,5/3150У3		3150							

Продолжение таблицы 3.8,б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВВЭ-10-20/630Т3	11	630	20	52	20	52	20	20/3	0,75
ВВЭ-10-20/1250Т3	11	1250	20	52	20	52	20	20/3	0,75
ВВЭ-10-31,5/630Т3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВЭ-10-31,5/1250Т3		1250							
ВВЭ-10-31,5/1600Т3		1600							
ВВЭ-10-31,5/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/1250Т3	10	1250	40	112	40	112	40	10/3	0,07
ВВЭ-10-40/1600У3		1600							
ВВЭ-10-40/1600Т3									
ВВЭ-10-40/2000У3		2000							
ВВЭ-10-40/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/3150У3		3150							
ВВ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/3	0,07
ВВ-10-20/1000У3		1000							
ВВ-10-20/1250Т3		1250							
ВВ-10-20/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВ-10-31,5/630Т3									
ВВ-10-31,5/1000У3		1000							
ВВ-10-31,5/1250Т3		1250							
ВВ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/1600Т3									
ВБПЧ-С-10-20/1000У3	10	1000	20	50	20	51	20	20/3	0,04
ВБКЭР-10-20/630У3	10	630		52		52			0,08
ВБКЭР-10-20/1000У3		1000							
ВБКЭР-10-20/1600У3		1600							
ВБМЭ-10-40/2500У3		2500	40	100	40	100	40	40/3	0,07

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВБМЭ-10-40/3150У3	10	3150	40	100	40	100	40	40/3	0,07
BB/TEL-6-8/800	6	800	8	20	8	20	8	8/3	0,025
BB/TEL-6-10/800			10	25	10	25	10	10/3	
BB/TEL-10-8/800	10		8	20	8	20	8	8/3	
BB/TEL-10-12,5/800			12,5	32	12,5	32	12,5	12,5/3	
BB/TEL-10-16/800			16	40	16	40	16	16/3	
BB/TEL-10-20/800			20	50	20	50	20	20/3	
ВБТ-10-20/630УХЛ3		630		52		52			0,05
ВБПЭ-10-20/630У3		630			31,5				0,08
ВБПЭ -10-20/1000У3		1000							
ВБПЭ -10-20/1600У3		1600							
ВБПЭ-10-31,5/630У3		630	31,5	80		80	31,5	31,5/3	
ВБПЭ-10-31,5/1000У3		1000							
ВБПЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВБСН-10-25/1000У3	6; 10	1000	25	63	25	63	25	25/3	0,06
ВБКЭБ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/3	0,07
ВБКЭБ-10-20/1000У3		1000							
ВБКЭБ-10-20/1600У3		1600							
ВБКЭБ-10-31,5/630У3		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВБКЭБ-10-31,5/1000У3		1000							
ВБКЭБ-10-31,5/1600У3		1600							

4. Плавкие предохранители

Таблица 4.1

Технические характеристики предохранителей типа ПКТ

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$ предохранителя, А	$I_{ном. откл.}$, кА
ПКТ101-6-2-40УЗ	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40УЗ			3,2	
ПКТ101-6-5-40УЗ			5	
ПКТ101-6-8-40УЗ			8	
ПКТ101-6-10-40УЗ			10	
ПКТ101-6-16-40УЗ			16	
ПКТ101-6-20-40УЗ			20	
ПКТ101-6-31,5-20УЗ			31,5	20
ПКТ101-10-2-31.5УЗ			2	
ПКТ101-10-3,2-31,5УЗ			3,2	
ПКТ101-10-5-31,5УЗ			5	
ПКТ101-10-8-31,5УЗ	10	12	8	31,5
ПКТ101-10-10-31,5УЗ			10	
ПКТ101-10-16-31,5УЗ			16	
ПКТ101-10-20-31.5УЗ			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5УЗ			31,5	12,5
ПКТ102-6-31,5-31,5УЗ				
ПКТ102-6-40-31,5УЗ	6	7,2	40	31,5
ПКТ102-6-50-31.5УЗ			50	
ПКТ102-6-80-20-УЗ			80	20
ПКТ102-10-31,5-31,5УЗ			31,5	31,5
ПКТ102- 10-40-3 1.5УЗ	10	12	40	
ПКТ102-10-40-12,5УЗ			50	12,5
ПКТ103-6-80-31,5УЗ			80	
ПКТ103-6-100-31.5УЗ	6	7,2	100	31,5
ПКТ103-6-160-20УЗ			160	
ПКТ103-10-50-31,5УЗ			50	
ПКТ103-10-80-20УЗ	10	12	80	20
ПКТ103-10-100-12,5УЗ			100	12,5
ПКТ 104-6-160-31.5УЗ			160	31,5
ПКТ 1 04-6-200-3 1,5УЗ	6	7,2	200	
ПКТ104-6-315-20УЗ			315	20
ПКТ104- 10- 100-3 1,5УЗ			100	31,5
ПКТ104-10-160-20УЗ	10	12	160	20
ПКТ104-10-200-12.5УЗ			200	12,5
ПКТ101-6-2-20УЗ	6	7,2	2	20
ПКТ101-6-3.2-20УЗ			3,2	
ПКТ101-6-5-20УЗ			5	
ПКТ101-6-8-20УЗ			8	
ПКТ101-6-10-20УЗ			10	
ПКТ101-6-16-20УЗ			16	
ПКТ101-6-20-20УЗ			20	
ПКТ101-10-2-12,5УЗ	10	12	2	

<table>
<tr><th>Тип</th><th>$U_{ном}$, кВ</th><th>U_{max}, кВ</th><th>$I_{ном}$ предохранителя, А</th><th>$I_{ном.\ откл.}$, кА</th></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-3,2-12,5У3</td><td rowspan="9">10</td><td rowspan="9">12</td><td>3,2</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-5-12.5У3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-8-12,5У3</td><td>8</td><td rowspan="12">40</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-10-12,5У3</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-16-12.5У3</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-20-12,5У3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-2-40У1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-3,2-40У1</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-5-40У1</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-8-40У1</td><td rowspan="5">6</td><td rowspan="5">7,2</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-10-40У1</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-16-40У1</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-20-40У1</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-6-31,5-20У1</td><td>31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-2-20У1</td><td rowspan="8">10</td><td rowspan="8">12</td><td>2</td><td rowspan="7">20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-3,2-20У1</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-5-20У1</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-8-20У1</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-10-20У1</td><td>10</td></tr>
<tr><td>0ПКТ101-10-16-20У1</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-20-20У1</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-10-31,5-12,5У1</td><td>31,5</td><td>12,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7,2-2-40Т3</td><td rowspan="8">6</td><td rowspan="8">7,2</td><td>2</td><td rowspan="8">40</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7,2-3,2-40Т3</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7,2-5-40Т3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7.2-8-40Т3</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7.2-10-40Т3</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7,2-16-40Т3</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7.2-20-40Т3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-7,2-31,5-20Т3</td><td>31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-2-20Т3</td><td rowspan="7">10</td><td rowspan="7">12</td><td>2</td><td rowspan="7">20</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-3,2-20Т3</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-5-20Т3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-8-20Т3</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-10-20Т3</td><td>10</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-16-20Т3</td><td>16</td></tr>
<tr><td>ПКТ101-12-20-20Т3</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-7,2-31,5-31,5Т3</td><td rowspan="3">6</td><td rowspan="3">7,2</td><td>31,5</td><td rowspan="3">31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-7,2-40-31,5Т3</td><td>40</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-7,2-50-31,5Т3</td><td>50</td></tr>
<tr><td>ПКТ 102-12-31,5-2013</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2">12</td><td>31,5</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>ПКТ102-12-40-20Т3</td><td>40</td></tr>
<tr><td>ПКТ105-7,2-80-31,5Т3</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">7,2</td><td>80</td><td rowspan="2">31,5</td></tr>
<tr><td>ПКТ105-7Д-100-31,513</td><td>100</td></tr>
<tr><td>ПКТ105- 12-50- 20Т3</td><td rowspan="2">10</td><td rowspan="2">12</td><td>50</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>ПКТ105-12-80-20Т3</td><td>80</td></tr>
</table>

Таблица 4.2

Технические характеристики предохранителей типа ПКН и ПКЭ

Типоисполнение	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
ПКН001-12Т3	10	12	—	—
ПКН001-24Т	20	24	—	—
ПКЭ106-6-40У2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-6-20У2	6	7,2	31,5	20
ПКЭ106-10-12,5У2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-31,5У2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ107-10-12,5У2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-31.5У2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ108-10-12.5У2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-6-20ХЛ2	6	7,2	3,2; 5; 8; 10;16; 20; 31,5	20
ПКЭ106-10-12,5ХЛ2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-20ХЛ2	6	7,2	40; 50	20
ПКЭ107-10-12,5ХЛ2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-20ХЛ2	6	7,2	80; 100	20
ПКЭ108-10-31.5ХЛ2	10	12	100	31,5
ПКЭ108-10-12,5ХЛ2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-7.2-40Т2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-7,2-31,5-20Т2	6	7,2	31,2	20
ПКЭ106-12-12,5Т2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-7,2-31,5Т2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ 107-12-12,5Т2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-7,2-31,5Т2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ 108- 12-12,5Т2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭН006-10У2	10	12	—	—
ПКЭН006-10ХЛ2	10	12	—	—
ПКЭН006-12Т2	10	12	—	—
ПКЭН006-35ХЛ2	35	40,5	—	—

Примечание:

1. Для сокращения объема таблицы в типоисполнении предохранителя не указывается номинальный ток предохранителя, который должен идти в обозначении после напряжения.

Таблица 4.3

Технические характеристики предохранителей типа ПР-2 напряжением до 1 кВ

Тип	$I_{ном}$ плавкой вставки, А	$I_{пред}$ отключения, кА		Габариты, мм
		380В	500В	
ПР-2-15	6; 10; 15	8	7	171×24,5×33
ПР-2-60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4,5	3,5	173×30,5×43
ПР-2-100	60; 80; 100	—	—	247×43×56
ПР-2-200	100; 125; 160; 200	11	10	296×56×76,5
ПР-2-350	200; 225; 260; 300; 350	13	11	346×72×100
ПР-2-600	350; 430; 500; 600	23	20	442×142×154
ПР-2-1000	600; 700; 850; 1000	20	20	580×155×154

Примечания:
1. Буквы в обозначении типа: П — предохранитель, Р — разборный.
2. Число после обозначения серии — $I_{ном}$, А.
3. Применяются для защиты установок переменного тока до 500 В и пост. тока до 440 В от перегрузок и токов КЗ.

Таблица 4.4

Технические характеристики предохранителей типов ПД иПДС*

Тип	$I_{ном}$, А		$I_{пред}$, кА
	предохранителя	плавкой вставки	
ПД-1; ПДС-1	6	1; 2; 4; 6	1
ПД-2; ПДС-2	20	10; 15; 20	2
ПД-3; ПДС-3	60	25; 35; 60	5
ПД-4; ПДС-4	125	80; 100; 125	7,5
ПД-5; ПДС-5	225	160; 200; 225	10
ПД-6; ПДС-6	350	260; 300; 350	12,5
ПД-7	630	430; 500; 630	15

Примечание:
* Применяют в установках постоянного тока до 220 В и переменного тока до 380 В.

Таблица 4.5

Технические характеристики предохранителей типов НПН, ПН, ПП на напряжение 380 В

Тип	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток*, кА
	патрона предохранителя	плавкой вставки	
НПН2-60	60	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63	10
ПН2-100	100	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	100
ПН2-250	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	100
ПН2-400	400	200; 250; 315; 355; 400	40
ПН2-600	600	315; 400; 500; 630	25
ПП17	1000	500; 630; 800; 1000	120

Примечание:
* Действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ

Таблица 4.6

Технические характеристики плавких вставок к предохранителям типов НПР, НПН на напряжение до 1 кВ

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
НПР	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
НПН-2	15	6, 10, 15

Таблица 4.7

Номинальные токи последовательно включенных плавких вставок предохранителей ПН2, обеспечивающих особо надежную избирательность

$I_{в.м}$, А	$I_{в.б}$, А, при $I_к : I_{в.б}$				
	10	20	50	100	150 и более
30	50	60	120	150	200
40	60	80	120	200	200
50	80	100	120	250	250
60	100	120	150	250	250
80	120	120	200	250	250
100	120	120–150	250	250	250
120	150	200	300	300	300
150	200	250	300	300	300
200	250	300	400	400	400
250	300	400	600	Более 600	
300	400	500	Более 600		
400	600	Более 600			

Обозначения:
$I_{в.б}$ — номинальный ток, А, большей вставки (защищающей магистраль);
$I_{в.м}$ — то же, меньшей вставки, А (защищающей ответвление);
$I_к$ — ток КЗ в ответвлении, А.

Таблица 4.8

Технические характеристики предохранителей типов ППТ, ПП, ПРС

Серия или тип	Номинальный ток, А		Предельное значение отключаемого тока, кА, при напряжении, В					
			переменного тока			постоянного тока		
	предохранителя	плавкой вставки	220	380	500 (550)	200	440	660
ППТ-10	До 10	6, 10	1	—	—	1	—	—
ПП21	16	1, 2, 5, 6, 10, 16	1, 2	0,8–8	7	—	—	—
	63	25, 40, 63	5,5	1,8–4,5	3,5	—	—	—
	100, 160, 250	100, 160, 250	14	6–11	10	—	—	—
	400	400	11	6–13	11	—	—	—
ПРС	6	1, 2, 4, 6	—	2	—	—	2	—

Окончание таблицы 4.8

Серия или тип	Номинальный ток, А		Предельное значение отключаемого тока, кА, при напряжении, В					
	предохранителя	плавкой вставки	переменного тока			постоянного тока		
			220	380	500 (550)	200	440	660
ПРС	25	4, 6, 10, 16, 20, 25	—	60	—	—	30	—
	63	20, 25, 40, 63	—	60	—	—	30	—
	100	40, 60, 80, 100	—	60	—	—	30	—
ПП22	63	25, 40, 63	30*	30	—	—	—	—
ПП	63	25, 40, 50, 63	—	3,2–30	—	—	—	—
	160	100, 160	—	3,2–15	—	—	—	—
	630	250, 400, 630	—	42, 50, 60	—	—	—	—
	63	32, 40, 50, 63	—	—	100	—	100	—
	160	50, 63, 80, 100	—	—	—	—	—	—
ПП31	250	125, 160, 200, 250	—	—	—	—	—	—
	630	200, 250, 320, 400, 500, 630	—	—	—	—	—	—
	1000	500, 630, 800, 1000	—	—	—	—	—	—
ПП41	250	100, 160, 250	—	—	—	—	25	25
	400	320, 400	—	—	—	—	—	—
	630	400, 630	—	—	—	—	—	—
ПП51	160	160	—	100	—	—	—	—
	250	250	—	—	—	—	—	—
	320	320	—	—	—	—	—	—
	400	400	—	—	—	—	—	—
ПП61	40	40	—	100	—	—	—	—
	63	63	—	—	—	—	—	—
	100	100	—	—	—	—	—	—
	160	160	—	—	—	—	—	—
ПП 173900	1000	500, 630, 800, 1000	—	110	64	100	60	—

Таблица 4.9

Технические характеристики предохранителей типов ПНП-60, ПП18

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток, кА (при напряжении 380 В)
		предохранителя	плавкой вставки	
ПНП-60	≈500	60	6, 10. 15. 20. 25. 30. 40. 60	10
ПП18-33	≈660; 440	160	50 63, 80, 100, 125, 160	—
ПП 18-34		250	125 160, 200, 250	
ПП18-37		400	250 , 320, 400	
ПП18-39		630	400, 500, 630	
ПП18-41		1000	630, 800, 1000	

5. Конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности

5.1. Автоматизированные конденсаторные установки типа АКУ *(ДИАЛ Электролюкс, Москва)*

Конденсаторные установки типа АКУ напряжением 0,4 кВ обеспечивают среднесуточный коэффициент мощности не ниже 0,97; исключают генерацию реактивной энергии в сеть в часы минимальных нагрузок и делают возможным получение информации о параметрах и состоянии электрической сети.

Достоинства установок АКУ:

- полная окупаемость за 8–24 месяца за счет снижения расходов на электроэнергию;
- улучшенные показатели по напряжению;
- меньшие падения напряжения;
- оптимальные размеры кабеля;
- улучшение фактора мощности может позволить уменьшить поперечное сечение кабеля. С другой стороны, через уже существующую кабельную сеть можно передать большую или дополнительную мощность.

Надежность оборудования достигается применением:

- микропроцессорного регулятора SIMEAS фирмы Simens или PROPHI фирмы EPCOS AG (Германия);
- специальных пускателей фирмы EPCOS AG;
- конденсаторов типа МКК фирмы EPCOS AG.

Таблица 5.1

Технические характеристики установок АКУ 0,4 напольного исполнения

Тип	Мощность, квар	Номинальный ток, А	Сечение питающего медного кабеля, мм^2	Габариты Д×Ш×В	Масса, кг
АКУ0,4-100-10УЗ	100	144,5	3×70	800×450×1300	75
АКУ0,4-150-10 УЗ	150	216,7	2×(3×50)		90
АКУ0,4-200-20 УЗ	200	289,0	2×(3×70)		105
АКУ0,4-220-20 УЗ	220	319,0			110
АКУ0,4-240-20 УЗ	240	348,0	2×(3×95)		115
АКУ0,4-260-20 УЗ	260	377,0			120
АКУ0,4-280-20 УЗ	280	406,0		800×450×2000	145
АКУ0,4-300-20 УЗ	300	433,5	2×(3×120)	800×450×2000	155

Окончание таблицы 5.1

Тип	Мощность, квар	Номинальный ток, А	Сечение питающего медного кабеля, мм^2	Габариты Д×Ш×В	Масса, кг
АКУ0,4-330-15 УЗ	330	478,5	2×(3×120)	800×450×2000	165
АКУ0,4-350-25 УЗ	350	507,5	2×(3×150)	800×450×2000	175
АКУ0,4-380-20 УЗ	380	551,0	2×(3×150)	800×450×2000	185
АКУ0,4-400-20 УЗ	400	580,0	2×(3×150)	800×450×2000	195
АКУ0,4-420-20 УЗ	420	609,0	2×(3×150)	800×450×2000	205

Установвки АКУ изготавливают: в напольном и настенном исполнении, однофазными и трехфазными; с шагом регулирования от 2,5 квар.

Таблица 5.2

Технические характеристики установок АКУ 0,4 настенного исполнения

Тип	Мощность, квар	Номинальный ток, А	Сечение питающего медного кабеля, мм^2	Габариты Д×Ш×В	Масса, кг
АКУ0,4-50-10 УЗ	50	72,2	3×50	630×350×1200	45
АКУ0,4-75-12,5 УЗ	75	108,7	3×50	630×350×1200	50
АКУ0,4-100-25 УЗ	100	144,5	3×70	630×350×1200	55

Применение конденсаторов типа МКК обеспечивает высокий уровень перегрузки (до $2I_{ном}$), а также способность выдерживать сверхвысокие пусковые токи.

Безопасность уставок обеспечивается тем, что конденсаторы выполнены по сухой технологии (без жидкого электролита) и имеют отличную функцию самовосстановления благодаря технологии укладки диэлектрика с долговременной стабильностью. Кроме того, установки не наносят вред окружающей среде и легко утилизируются.

5.2. Конденсаторные установки низкого напряжения, регулируемые, многоступенчатые *(ООО «Усть-Каменогорский Конденсатор»)*

Регулируемые установки компенсации реактивной мощности типа УКМ58М предназначены для поддержания постоянным задаваемого значения коэффициента мощности (cosφ) в электрических распределительных трехфазных сетях промышленных предприятий и

других объектов напряжением до 400 В, частотой 50 Гц. Установки УКМ58М обеспечивают требуемый cosφ в часы максимальных и минимальных нагрузок, а также исключают режим генерации реактивной мощности.

Преимущества установок типа УКМ58М:

- использование специализированных контакторов, с контактами опережающего включения и токоограничивающими резисторами, увеличивающих срок службы контакторов и конденсаторов;
- использование конденсаторов, имеющих способность самовосстанавливаться после пробоя в диэлектрике;
- применение специализированных регуляторов для автоматического корректирования значения cosφ, которые обеспечивают также сбалансированное включение конденсаторов.

Применение УКМ58М позволяет снизить потери электроэнергии и повысить эффективность электроустановок, одновременно повышая качество электроэнергии непосредственно в сетях предприятия.

Таблицы 5.3

Технические характеристики установок УКМ58М

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Количество и мощность ступеней	Климатическое исполнение
Установки конденсаторные регулируемые по реактивной мощности модернизированные (малогабаритные)				
УКМ58М-0,4-50-25 УЗ	0,4	50	2×25	УЗ
УКМ58М-0,4-67-33,3 УЗ		67	3×33,3	
УКМ58М-0,4-75-25 УЗ		75	3×25	
УКМ58М-0,4-75-37,5 УЗ			2×37,5	
УКМ58М-0,4-100-25 УЗ		100	4×25	
УКМ58М-0,4-100-33,3 УЗ			3×33,3	
УКМ58М-0,4-100-50 УЗ			2×50	
УКМ58М-0,4-112,5-37,5 УЗ		112,5	3×37,5	
УКМ58М-0,4-125-25 УЗ		125	5×25	
УКМ58М-0,4-134-33,3 УЗ		134	4×33,3	
УКМ58М-0,4-134-67 УЗ			2×67	
УКМ58М-0,4-150-37,5 УЗ		150	4×37,5	
УКМ58М-0,4-150-50 УЗ			3×50	
УКМ58М-0,4-167-33,3 УЗ		167	5×33,3	
УКМ58М-0,4-200-33,3 УЗ		200	6×33,3	
УКМ58М-0,4-200-50 УЗ			4×50	
УКМ58М-0,4-200-67 УЗ			3×67	
УКМ58М-0,4-250-50 УЗ		250	5×50	

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Количество и мощность ступеней	Климатическое исполнение
УКМ58М-0,4-268-67 УЗ	0,4	268	4×67	УЗ
УКМ58М-0,4-300-50 УЗ		300	6×50	
УКМ58М-0,4-335-67 УЗ		335	5×67	
УКМ58М-0,4-402-67 УЗ		402	6×67	
УКМ58М-0,4-420-60 УЗ		420	7×60	
УКМ58М-0,4-536-67 УЗ		536	8×67	
УКМ58М-0,4-603-67 УЗ		603	9×67	
Установка конденсаторная автоматически регулируемая по cosφ для фильтрации гармоник				
УКМ58М-0,4-150-50 УЗ		150	3×50	

В установках УКМ58М применено следующее оборудование:

- силовые трехфазные конденсаторы КПС, восстанавливающиеся после пробоя, имеющие малые диэлектрические потери, обеспечивающие экологическую безопасность;
- регуляторы, осуществляющие контроль и регулирование параметров цифровым способом, обеспечивающие поддержание cosφ = 0,85 – 0,95, а также защиту конденсаторов от перегрузки токами высших гармоник;
- контакторы, имеющие электрическую износостойкость до 200 000 циклов.

Установки типа УКМФ 0,4 являются автоматически регулируемыми по cosφ для фильтрации высших гармоник.

5.3. Конденсаторные установки высокого напряжения *(ООО «Усть-Каменогорский Конденсатор»)*

Конденсаторные установки высокого напряжения предназначены для повышения коэффициента мощности электроустановок промышленных предприятий и распределительных сетей напряжением 6,3 (10,5) кВ частотой 50 Гц. Комплектуются конденсаторами КЭП2-6,3(10,5)-150 2У1.

При использовании комплектных конденсаторных установок исключается необходимость монтажа конденсаторов у потребителя, ускоряется ввод конденсаторов в эксплуатацию и повышается надежность их работы, одновременно улучшаются условия обслуживания конденсаторов.

Технические характеристики конденсаторных установок УКЛ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность, квар	Вид климатического исполнения	Категория размещения
Установки конденсаторные с размещением ячейки ввода слева (справа), с разъединителем				
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-450 У3	6,3 (10,5)	450	У	3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-900 У3		900		3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-1350 У3		1350		3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-1800 У3		1800		3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-2250 У3		2250		3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-2700 У3		2700		3
УКЛ(П)56-6,3(10,5)-3150 У3		3150		3
УКЛ56-6,3(10,5)-450 У1		450		1
УКЛ56-6,3(10,5)-900 У1		900		1
УКЛ56-6,3(10,5)-1350 У1		1350		1
УКЛ56-6,3(10,5)-1800 У1		1800		1
Установки конденсаторные с размещением ячейки ввода слева (справа), без разъединителя				
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-450 У3	6,3 (10,5)	450	У	3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-900 У3		900		3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-1350 У3		1350		3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-1800 У3		1800		3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-2250 У3		2250		3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-2700 У3		2700		3
УКЛ(П)57-6,3(10,5)-3150 У3		3150		3
УКЛ57-6,3(10,5)-450 У1		450		1
УКЛ57-6,3(10,5)-900 У1		900		1
УКЛ57-6,3(10,5)-1350 У1		1350		1
УКЛ57-6,3(10,5)-1800 У1		1800		1

Установки конденсаторные состоят из ячейки ввода и конденсаторных ячеек, количество которых зависит от мощности установок.

В ячейке ввода установок размещена электрическая аппаратура.

В ячейке конденсаторной размещены три конденсатора, со встроенными разрядными резисторами. Конденсаторы соединены по схеме «треугольник». Для защиты каждого конденсатора от токов короткого замыкания последовательно с ним соединен предохранитель. Предохранитель имеет указатель срабатывания. Для осмотра предохранителей во время эксплуатации в дверях конденсаторных ячеек предусмотрены отверстия, (в установках типа УКЛ 56 (57)-У1 закрытые крышкой).

Установки выполнены в двух вариантах:
- с защитой от перегрузки токами высших гармонических;
- без защиты от перегрузки токами высших гармонических.

Установки имеют степень защиты IP21 — для исполнения У3, IP41 — для исполнения У1.

Установки имеют устройство подогрева, обеспечивающее сушку поверхности трансформаторов и аппаратуры шкафа автоматики в условиях выпадения росы или инея.

5.4. Высоковольтные конденсаторные установки (ЗАО «Матик Электро»)

1. Конденсаторные установки типа КРМ-6,3(10,5) кВ (аналог УКЛ 56, УКЛ 57) на напряжение 6 и 10 кВ частотой 50 Гц, мощностью от 50 квар до 50 Мвар предназначены для повышения значения коэффициента мощности в электрических распределительных трехфазных сетях промышленных предприятий.

   Особенности установок:
- наличие силовых конденсаторов (трехфазных), предназначенных для компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник (при использовании дросселей);
- конденсаторы из полипропиленовой металлизированной самовосстанавливающейся пленки;
- конденсаторы имеют встроенные разрядные резисторы и защищены внутренними предохранителями;
- модульный принцип построения, который позволяет постепенно наращивать мощность установки;
- низкие массогабаритные характеристики.

Высоковольтные установки компенсации реактивной мощности производят на базе компенсационных конденсаторов ведущих мировых производителей; имеют срок службы 150 тыс. часов — более 15 лет.

Установки КРМ-6,3(10,5) кВ рассчитаны на эксплуатацию в закрытых помещениях при нормальных условиях эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом:
- температура окружающего воздуха от –40°С до +50°С;
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли.

Технические характеристики установок

Номинальное напряжение, кВ	6,3...10,5
Диапазон мощностей, квар	50...50000
Регулирование	Ручное
Защита от гармоник	3, 5, 7, 9, 11, 13 гармоники
Исполнение	Напольное
Рабочие температуры, °С	–50...+50
Климатическое исполнение	УХЛ, У3, ХЛ1

2. Высоковольтные конденсаторные установки типа КРМ1(УКРМ)-6,3(10,5) кВ с автоматическим регулированием cosφ, предназначенные для компенсации реактивной мощности в электросети предприятия, изготавливают на базе вакуумных контакторов и регулятора DCRJ (Lovato electric). Автоматическое регулирование обеспечивается подключением/отключением батарей конденсаторов с определенным шагом, задаваемым заказчиком. Регулирование числа включенных конденсаторов позволяет избежать перекомпенсации.

Установки производят двух типов: без фильтров гармоник и фильтрокомпенсирующие с фильтрами гармоник (ФКУ).

Применение установок снижает токовые нагрузки на линиях электропередачи, трансформаторах и распределительном оборудовании, что дает возможность снизить расходы на оплату электроэнергии, подключить дополнительную нагрузку. Установки рассчитаны на эксплуатацию в закрытых производственных помещениях при нормальных условиях эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом.

Автоматические конденсаторные установки комплектуют оборудованием от ведущих зарубежных поставщиков. Это обеспечивает высокое качество изделий и гарантию надежности.

Технические характеристики установок

Номинальное напряжение, кВ	6,3...10,5
Номинальная мощность, квар	50...100000
Регулирование	автоматическое/ручное
Количество ступеней регулирования	2...11(12)
Номинальная мощность шага регулирования, квар	5...2000
Конденсаторы	трехфазные
Вводный разъединитель	РВЗ/ВНА/BB-TEL
Контакторы коммутации конденсаторов	вакуумные
Пределы регулирования	0,98 емк...0,98 инд
Защита от высших гармоник	реакторы
Интерфейс для подключения к ПК	RS-232/485 + ПО
Климатическое исполнение	УХЛ, ХЛ1, У3, У1
Высота над уровнем моря, м , не более	1000
Температура окружающего воздуха, °С	–40...+50

3. Автоматические конденсаторные установки типа КРМ (аналог УКМ 58, АКУ, УККРМ) — 0,4 кВ реактивной мощностью от 10 до 10 000 квар, оснащенные автоматическим регулятором для компенсации реактивной мощности, сокращают до 30% затраты на оплату электроэнергии, а также снижают нагрузку и увеличивают срок службы силовых трансформаторов и кабелей.

В конструкции конденсаторных установок используют комплектующие ведущих мировых производителей: конденсаторы — сухие самовосстанавливающиеся, контакторы с контактами предвключения для ограничения тока через конденсатор в момент включения, регуляторы реактивной мощности со встроенной защитой от гармоник при несоответствии сети ГОСТ 13109-97.

Все конденсаторные установки (КУ), оснащены автоматическим регулятором реактивной мощности, имеют выход на компьютер RS-232 для передачи телеметрической информации о параметрах энергосистемы. Возможна также комплектация установок регулятором с интерфейсом RS-485 и передача данных на расстояние до 1 200 м, при этом обеспечивается измерение гармонических составляющих тока и напряжения до 42 порядка, а также отображение на экране ПК формы синусоиды. Дополнительно КУ комплектуют программным обеспечением — DCRK Control Panel, позволяющим задавать параметры конденсаторной установки, а в режиме реального времени — контролировать состояние КБ.

Технические характеристики установок

Номинальное напряжение, кВ	0,4...0,69
Диапазон мощностей, квар	10...10000
Шаг регулирования, квар	1...50
Регулирование	автоматическое/ручное
Количество ступеней регулирования	5...12
Защита от гармоник	3, 5, 7, 9, 11, 13 гармоники
Исполнение	Навесное/Напольное
Передача данных на ПК	RS-232/RS-485
Дальность передачи данных, м	1200
Рабочие температуры, °С	–50...+50
Климатическое исполнение	УХЛ, У3, ХЛ1

5.5. Установки компенсации реактивной мощности КРМ-0,4 *(ОАО «ПО ЭЛТЕХНИКА»)*

1. Установки компенсации реактивной мощности типа КРМ-0,4 предназначены для автоматического регулирования коэффициента мощности в распределительных сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением 400 В.

Для компенсации постоянной (неизменяемой) реактивной мощности выпускают также нерегулируемые установки КРМ мощностью 50, 75,100 квар.

Особенности установок:

- модульный принцип построения, позволяющий постепенно наращивать мощность установки (до 1 200 квар по требованию заказчика);
- точность регулирования значения cosφ (минимальная ступень 2,5 квар и до 9 ступеней регулирования);
- использование специализированных контакторов, с контактами опережающего включения и токоограничивающими резисторами, увеличивающими срок службы контакторов;
- использование конденсаторов, имеющих способность самовосстанавливаться после пробоя в диэлектрике;
- применение специализированных контроллеров для автоматического корректирования значения cosφ, которые обеспечивают также сбалансированное включение конденсаторов.

Технические характеристики установок

Номинальное напряжение, В	400
Наибольшее рабочее напряжение, В	450
Номинальная мощность, квар	35–600
(по требованию заказчика)	1200
Количество ступеней регулирования мощности (для регулируемых установок)	4–9
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	110; 220
Степень защиты	IP21
Вид климатического исполнения	УХЛ4
Температура окружающего воздуха, °С	–10...+40
Высота над уровнем моря, м, не более	1000

2. Нерегулируемые установки компенсации реактивной мощности типа КРМ-6 и КРМ-10 предназначены для повышения коэффициента мощности в распределительных сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением 6 и 10 кВ. Конденсаторные установки напряжением 6 и 10 кВ применяют на крупных промышленных предприятиях, обладающих разветвленными распределительными сетями 6(10) кВ. Важной задачей является определение оптимальной мощности, вида компенсации и местоположения установки КРМ. Решение этой задачи обеспечивает максимальный экономический эффект при соблюдении всех технических условий нормальной работы электрических сетей и приемников электроэнергии (баланса реактивной мощности, поддержания напряжения в узлах распределительной сети предприятия в установленных пределах).

В установках используют силовые конденсаторы производства фирмы «ZEZ SILKO». Конденсаторные батареи трёхфазные, предназначены для компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник. Электроды конденсатора представляют собой металлизированную полипропиленовую пленку, которая не содержит токсичных веществ, имеет хорошие электрические свойства и легко поддается биологической утилизации. Конденсаторы имеют встроенные разрядные резисторы.

Особенности установок:

- модульный принцип построения, позволяющий постепенно наращивать мощность устаовки;
- существенное снижение массогабаритных параметров конденсаторной ячейки за счет использования трехфазных конденсаторов;
- процесс эксплуатации становится более безопасным благодаря использованию конденсаторов с экологически чистым диэлектриком.

Технические характеристики установок

Номинальное напряжение, кВ	6,3; 10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12
Номинальная мощность, квар	450; 900; 1350; .1800; 2250; 2700; 3150
Ток электродинамической стойкости, кА	31,5
Ток термической стойкости длительностью 1с, кА	12,5
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	220
Степень защиты	IP21
Вид климатического исполнения	УХЛ4
Температура окружающего воздуха, °С	–10...+40
Высота над уровнем моря, м, не более	1000

Установки КРМ-6(10) обеспечивают:

- индикацию аварийной перегрузки по току в цепи конденсаторов;
- индикацию положения главного контакта силового выключателя(силовой выключатель не входит в состав КРМ-6(10));
- блокировку замыкания (размыкания) разъединителя РВЗ при включенном силовом выключателе*;
- снятие блокировки включения силового выключателя* после замыкания РВЗ высоковольтного КРМ;
- формирование команды отключения силового выключателя* при перегрузке по току в цепи конденсаторов.

5.6. Низковольтные регулируемые конденсаторные установки *(ООО «ЭЛЭКО»)*

Низковольтные регулируемые конденсаторные установки типа УКМ-0,4-ЭЛЭКО...У3 предназначены для компенсации реактивной мощности (КРМ) и фильтрации высших гармоник в распределитель-

ных сетях частотой 50 Гц и напряжением 0,4 кВ с переменной и постоянной нагрузкой, а также для КРМ и фильтрации высших гармоник, генерируемых отдельными электроприемниками.

Установки эксплуатируются внутри помещений, высота над уровнем моря до 1 000 м, температура окружающего воздуха от –25°С до +40°С; окружающая среда — нормальная. Установка имеет автоматический регулятор cosφ, выключатели нагрузки с предохранителями, токоограничивающие контакторы, фильтрокомпенсирующий элемент, разрядное сопротивление.

Таблица 5.5

Технические характеристики установки УКМ-0,4-ЭЛЭКО-Б102...УЗ

Тип установки	Мощность установки, квар	Номинальный ток, А	Габаритные размеры, мм	Макс. сечение кабеля, кв. мм	Масса, кг
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-50 (12,5×2 + 25) УЗ	50	72	800×1200×400	95	114,5
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-50 (25×2) УЗ	50	72	800×1200×400	95	110,0
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-62,5 (12,5 + 25×2) УЗ	62,5	90	800×1200×400	95	122,2
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-75 (25×3) УЗ	75	108	800×1200×400	95	128,0
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-87,5 (12,5 + 25×3) УЗ	87,5	126	800×1200×400	150	139,4
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-100 (25×4) УЗ	100	144	800×1200×400	150	145,5
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-125 (25×5) УЗ	125	180	800×1200×400	240	156,2
УКМ-0.4-ЭЛЭКО-Б102-150 (25×6) УЗ	150	216	800×1200×400	240	160,3

5.7. Оборудование для компенсации реактивной мощности в сетях низкого напряжения *(компания «Шнейдер Электрик»)*

Серия силовых конденсаторов Varplus2 имеет полностью модульное исполнение. Различные варианты соединения конденсаторов позволяют выдавать любую требуемую реактивную мощность (квар) в зависимости от напряжения, частоты и содержания высших гармоник в сети.

Назначение: компенсация реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий, а также на объектах непроизводственной сферы.

Особенности новой серии конденсаторов Varplus2:

- Срок эксплуатации 15 лет (130 000 ч).
- Запатентованная система защиты от перегрузок и КЗ (мембрана избыточного давления и встроенный предохранитель).

- Потери на 10% меньше, чем в серии Varplus.
- Встроенные разрядные резисторы.
- Пластиковый корпус, нет необходимости выполнять заземление.
- Полностью модульное исполнение.
- Любые положения при установке.
- Стойкость к огню (материалы, не поддерживающие горение), сертификация UL..V0.
- Конденсаторы Varplus2 не содержат опасных веществ.
- Удобное подключение.
- Категория температуры D: + 55°С.
- Соответствие стандартам: МЭК 60831 1/2, CSA 22-2 №190, UL810.

Серия функциональных модулей Varpact представляет собой готовое решение для установки в функциональные и универсальные шкафы. Каждый модуль Varpact включает в себя:

- силовые конденсаторы Varplus2;
- специальные контакторы Telemecanique;
- устройства защиты (в зависимости от исполнения).

Модули Varpact имеют исполнение со сборными шинами и без них и подразделяются на 3 типа: Classic, Comfort, Harmony (с реактором); каждый тип предназначен для определенного уровня высших гармоник в сети:

- Возможность установки дополнительной защиты автоматическим выключателем;
- Изолированные проводники — 1 000 В;
- Установка при помощи перекладин и удлинительных элементов;
- Полная проверка на заводе Rectiphase.
- Исполнение с двумя ступенями: например, 60 квар = 30 + 30 квар.
- Соответствие стандартам МЭК 60439-1, МЭК 61921.

Конденсаторные установки Varset представляют собой готовое решение для установки на объекте. Все конденсаторные установки Varset проходят полный контроль на заводе Rectiphase.

Конденсаторные установки Varset оснащаются конденсаторами Varplus2 и имеют два исполнения: с автоматическим выключателем и без него.

Конденсаторные установки Varset подразделяются на три основных типа:

- CLASSIC;
- COMFORT;
- HARMONY (с реактором);
- каждый из которых предназначен для определенного уровня высших гармоник в сети.

По регулированию конденсаторные установки Varset подразделяются на следующие модификации:
- Varset.
- Varset FAST.
- Varset Direct.
- 6 размеров шкафов: C1, C2, A1, A2, A3, A4.
- Простое и удобное подключение.
- Гарантия обеспечения нормальных тепловых режимов.
- Изолированные проводники — 1 000 В.
- Полная 100% проверка на заводе Rectiphase.
- Пониженный центр масс.
- Соответствие стандартам: МЭК 60439-1, МЭК 61921.

Дополнительное оборудование:
- Регуляторы Varlogic NR.
- Реакторы.
- Специальные контакторы Telemecanique.
- Аксессуары для установки и др.

Документация:
1. Новый каталог: «Компенсация реактивной мощности в сетях НН» (референс для заказа RECTIPHASECATRU).
2. «Руководство по проектированию и исполнению шкафов компенсации реактивной мощности» (референс для заказа PFCGUIDERU).

6. Трехфазные и однофазные счетчики электроэнергии

6.1. Счетчики электрической энергии трехфазные многофункциональные электронные ЭЭ8005 *(РУП «Витебский завод электроизмерительных приборов»)*

Счетчики предназначены для многотарифного учета активной электрической энергии в трехфазных 4-проводных цепях переменного тока в двух направлениях автономно или в составе АСКУЭ на объектах промышленных предприятий, энергетики, сельского хозяйства и в бытовом секторе.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности 1.0
Номинальное напряжение, В . . . . 3×220/380; 3×57,5/100;3×100

Номинальный (максимальный) ток, А:
- при непосредственном включении . . . . 10(60); 20(100)
- при трансформаторном включении 5 (7,5)

Номинальная частота сети, Гц 50

Порог чувствительности, Вт, не более:
- непосредственного подключения 5,5
- трансформаторного подключения 2,5

Время установления рабочего режима, ч, не более 0,5

Среднесуточный уход часов счетчика, с, менее 1

Рабочий диапазон температур, °С . . . . –20…+55

Габаритные размеры, мм . . . . 191×296×90

Масса, кг, не более 1,5

Средний срок службы, лет 24

Гарантийный срок эксплуатации, лет 3

Основные функциональные возможности счетчиков:

- управление нагрузкой;
- обмен данными с ПК через считыватель или концентратор, входящий в состав АСКУЭ по интерфейсу RS485;
- включение и отключение автоматического перехода на летнее/зимнее время;
- учет электроэнергии по одному, двум, трем и четырем тарифам;
- установка до 8 временных зон в течение суток;
- установка до 12 сезонных вариантов тарификации;
- установка различных вариантов тарификации для выходных и рабочих дней;
- учет и вывод на дисплей значений измеренной активной электроэнергии в двух направлениях: выданной и потребленной;
- учет и вывод на дисплей значений электроэнергии за последние 12 мес.;
- сохранение накопленной информации в энергонезависимой памяти.

6.2. Счетчики электрической энергии многофункциональные многотарифные трехфазные «Гран-электро СС-301» (НПП «ГРАН СИСТЕМА-С»)

Счетчики предназначены для измерения активной и реактивной энергии и мощности в режиме многотарифности, учета потребления и сбыта электроэнергии, контроля и управления энергопотреблением.

Счетчик имеет программную и аппаратную защиты от несанкционированного программирования параметров не только в условиях эксплуатации, но и в режиме хранения с временной фиксацией попытки несанкционированного доступа.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:
– по активной энергии 0.5S; 1.0
– по реактивной энергии 1.0
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×127/220; 3×230/400
Установленный рабочий диапазон напряжений, В . . . . $(0,9–1,1)U_{ном}$
Номинальный ток, А:. 1; 5; 10
Максимальный ток:
– для счетчиков трансформаторного включения;. . . . . $1,5I_{ном}$
– для счетчиков непосредственного включения. . . . . $8I_{ном}$; $10I_{ном}$
Номинальная частота сети, Гц . . . . 50±2,5
Порог чувствительности, для класса точности:
– 0,5S . . . . $0,001I_{ном}$
– 1,0 . . . . $0,0025I_{ном}$
Активная потребляемая мощность для каждой цепи
напряжения, Вт, не более 2
Полная потребляемая мощность для каждой цепи
напряжения, В·А, не более 1
Полная потребляемая мощность для каждой цепи
тока, В·А, не более 0,5
Количество тарифных сезонов 12
Количество тарифных зон 8
Количество программируемых моментов переключения тарифов в день 48
Интервал усреднения мощности, мин . . . . 3 и 30 или 3 и 15
Глубина хранения профиля нагрузки, дней . . . . до 120 при 30-минутном интервале усреднения
Время хранения информации при
отключении питания . . . . в течение срока службы счетчика
Погрешность встроенного таймера, с/сут . . . . ±2
Сохранение работоспособности таймера при отключении
сетевого питания, лет, не менее 8
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –20...+55
Степень защиты оболочки . . . . IP54, категория 2
Габаритные размеры, мм . . . . 320×180×100
Масса, кг, не более 2,5
Межповерочный интервал, лет. 5
Средняя наработка до отказа, ч 50000
Средний срок службы до капительного ремонта, лет 24

Область применения:

- *для энергосистемы*: определение выработки электроэнергии; учет перетоков энергии и мощности; контроль потерь энергии и мощности; управление распределением энергии;
- *для потребителей*: учет потребляемой энергии и мощности в режиме многотарифности; выбор графика потребления энергии; учет реактивной мощности; прогнозирование значения заявленной мощности; передача измеренных параметров энергопотребления для Энергосбыта.

6.3. Счетчики электрической энергии трехфазные однотарифные электронные «Меркурий 230АМ» *(ООО «Фирма «ИНКОТЕКС»)*

Счетчики предназначены для коммерческого учета активной электроэнергии в одном направлении в 3- или 4-проводной сети переменного тока и работают как автономно, так и в составе АСКУЭ.

Фукциональные возможности счетчиков:

- учет электроэнергии в однотарифном режиме нарастающим итогом с момента ввода в эксплуатацию;
- работа только в сторону увеличения показаний при любом нарушении фазировки подключения токовых цепей счетчика.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности . . . . 0.5 или 1.0
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×220/380
Номинальный (максимальный) ток, А: . . . . 5 (7,5); 5(50); 10(100)
Максимальный ток в течение 0,5 с, А
– при $I_{ном}$ = 5 А; 150
– при $I_{ном}$ = 10 А. 200
Активная (полная) потребляемая мощность каждой параллельной цепи счетчика, Вт (В·А), не более 0,1 (7,5)
Рабочий диапазон температур, °С . . . . –40...+55
Габаритные размеры, мм . . . . 258×170×74
Масса, кг, не более 1,5
Межповерочный интервал, лет 10
Срок службы, лет 30
Гарантийный срок эксплуатации, лет 3

Таблица 6.1

Типоисполнение счетчиков

Тип	Класс точности	Номинальный (максимальный) ток, А	Номинальное напряжение, В	Постоянная счетчика, имп/(кВт·ч)		Чувствительность, Вт
				в режиме телеметрии	в режиме поверки	
«Меркурий 230 АМ-00»	0.5	5 (7,5)	57,7	8000	170700	1,08
«Меркурий 230 АМ-01 »	1.0	5(50)	220	1600	—	8,25
«Меркурий 230 АМ-02»	1.0	10(100)	220	1600	—	16,5
«Меркурий 230 АМ-03»	0.5	5 (7,5)	220	800	17070	4,125

Примечание:
Обозначение счетчиков:
А — активной энергии;
М — электромеханическое отсчетное устройство

Наличие стандартного телеметрического выхода позволяет эксплуатировать счетчик в составе АСКУЭ, имеющей возможность приема учетной информации в импульсах телеметрии.

6.4. Счетчики электрической энергии многофункциональные трехфазные «Меркурий 230AR» *(ООО «Фирма «ИНКОТЕКС»)*

Счетчики предназначены для коммерческого учета активной и реактивной электроэнергии в одном направлении в 3- или 4-проводной сети переменного тока и работают как автономно так и в составе АСКУЭ.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности при измерении	
– активной энергии	0,5*S* или 1,0
– реактивной энергии	1,0; 2,0
Количество тарифов	4
Номинальное напряжение, В	3×57,7/100; 3×220/380
Номинальный (максимальный) ток, А:	5 (7,5); 5(50); 10(100)
Максимальный ток в течение 0,5 с, А:	
– при $I_{ном}$ = 5 А;	150
– при $I_{ном}$ = 10 А.	200
Чувствительность при измерении:	
– активной энергии, Вт;	0,36; 1,38
– реактивной энергии, вар.	0,72; 2,75
Активная (полная) потребляемая мощность каждой параллельной цепью счетчика, Вт/(В·А), не более	0,5(7,5)
Полная мощность, потребляемая цепью тока, В·А, не более	0,1
Сохранность данных при перерывах питания, лет:	
– постоянной информации;	40
– оперативной информации.	10
Защита информации	аппаратная защита памяти метрологических коэффициентов 2 уровня доступа
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+55
Масса, кг, не более	1,5
Габаритные размеры, мм	258×170×74
Межповерочный интервал, лет	10
Гарантийный срок эксплуатации, лет	3

Структура условного обозначения:

- Меркурий 230AR-03C(R);
- Меркурий 230AR-01CL;
- AR — тип измеряемой энергии (А— активной, R — реактивной); C(R)L — интерфейсы (С—CAN; R—RS485); L — модем PLT (отсутствие L — нет модема).

Функциональные возможности счетчиков:

- учет электроэнергии по каждой фазе трехфазной сети в одно- или многотарифном (переключение по сигналам интерфейса) режимах, а также, суммарно по всем фазам;
- учет технических потерь в линиях электропередач и трансформаторах;
- индикация на ЖКИ активной и реактивной электрической энергии нарастающим итогом от сброса показаний по каждому тарифу и по сумме тарифов;
- измерение мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности по каждой фазе и по сумме фаз с указанием направления;
- измерение пофазно: тока, напряжения, частоты, cosφ, углов между фазными напряжениями;
- программируемое управление внешними устройствами отключения/включения нагрузки потребителя;
- передача результатов измерений по силовой сети 220/380 В (только потребленная энергия), интерфейсам CAN, RS485 (все доступные данные);
- программирование счетчиков в режим суммирования фаз «по модулю» для предотвращения хищения электроэнергии при нарушении фазировки подключения токовых цепей счетчика.

6.5. Счетчики электрической энергии трехфазные электронные Ф669 *(ОАО «Ленинградский электромеханический завод»)*

Счетчики предназначены для измерения и учета активной, реактивной электроэнергии и мощности в прямом и обратном направлениях в трехфазных цепях переменного тока номинальной частотой 50 или 60 Гц.

Счетчики могут использоваться в составе АСКУЭ.

Функциональные возможности счетчиков:

- многотарифный учет (до четырех тарифов в каждом из пяти сезонных периодов) и хранение потребления активной и реактивной энергии, протекающей в прямом и обратном направлениях;
- вычисление и хранение средней активной и реактивной мощности за установленный период интегрирования, протекающей в прямом и обратном направлениях;

- обеспечивает (дополнительно) измерение и возможность вывода информации о текущих значениях; активной, реактивной и полной мощности, в том числе по каждой фазе отдельно (действующего значения напряжения и тока в каждой фазе; коэффициента мощности; признак рабочего квадранта; значения частоты сети);
- защита от хищения электроэнергии;
- регистрация сбоев и нарушений работы счетчика.

Счетчики являются многофункциональными микропроцессорными устройствами.

Постоянная электрически стираемая память (EEPROM) обеспечивает сохранение накопленной информации при отключении питания. Питание часов при отключенном напряжении питания осуществляется от встроенного в схему ионистора или литиевой батареи.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности при измерении:
- активной энергии 0,5
- реактивной энергии. 1,0

Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×63,5/110; 3×69,2/120; 3×120/280; 3×127/220; 3×220/380; 3×230/400; 3×100; 3×110; 3×120; 3×220; 3×230; 3×380; 3×400

Номинальный (максимальный) ток, А. . . . . 1 (1,25); 5(6,25)

Номинальная частота сети, Гц 50; 60

Чувствительность,% $I_{ном}$. 0,08

Потребляемая мощность, В·А:
- в каждой цепи тока; 0,3
- в каждой цепи напряжения. 2,5

Предел допустимой погрешности телеметрической энергии, вычисленной после подачи на телеметрический вход не менее 1000 имп.,%, не более . . . . ±0,1

Предел допустимой погрешности измерения средней мощности за период интегрирования,% . . . . ±0,1

Максимальное количество тарифных зон 4

Количество временных сезонов 5

Диапазон рабочих температур, °С . . . . –20...+55

Степень защиты IP51

Габаритные размеры, мм . . . . 330×180×60

Масса, кг 1,6

Межповерочный интервал, лет. 8

Минимальная наработка на отказ, ч 70000

Средний срок службы, лет 20

6.6. Счетчики электрической энергии микропроцессорные трехфазные серии СТЭ560 *(ОАО «Московский завод электроизмерительных приборов»)*

Счетчики предназначены для учета активной (активной и реактивной) электрической энергии, для учета удельных потерь энергии в 3- и 4-про-водных цепях переменного тока; пригодны для работы в составе автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) и АСКУЭ бытового и промышленного назначения.

Особенности счетчиков:

- большой технологический запас по точности;
- для работы в составе АИИС или АСКУЭ предусмотрен интерфейс PS485 (или PS232) и импульсный выход, исключающий потери импульсов при «провалах» напряжения;
- крепежные отверстия полностью идентичны индукционным счетчикам серий СА4 и СА4У;
- коммуникационные выходы подключаются через стандартный разъем, пломбируемый отдельно от токового терминала;
- применены высококачественные компоненты, рассчитанные на длительный срок эксплуатации. ЖКИ устойчив к низким температурам.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности счетчиков:	
– по активной энергии	1,0
– по реактивной энергии	2,0
Номинальное напряжение, В	3×220/380; 3×57,7/100
Номинальный ток, А:	5; 10
Максимальный ток, А.	7,5; 40; 80
Ток запуска:	
– по активной энергии, мА	6
– по реактивной энергии,%	0,4 $I_{ном}$
Количество тарифов	1; 2; 4
Степень защиты	IP51
Рабочая температура, °С	–25…+55
Габаритные размеры, мм:	
– СТЭ560/П80	317×174×75
– остальных счетчиков	283×174×75
Масса, кг, не более	1,65
Межповерочный интервал, лет	10
Средняя наработка до отказа, ч	100 000
Средний срок службы, лет	30

Структура условного обозначения:

- СТЭ560/П5-Т-4;
- СТЭ560/5-1-3Р.

Условные обозначения:

П — прямое включение; без П — трансформаторное включение; цифра после — номинальный ток; цифра после тока — количество тарифов; Т — встроенный тарификатор; нет Т — без тарификатора; цифра после: 3 или 4 — трех- или четырехпроводная сеть; вид счетчика (без индекса — активной энергии; Р — активно-реактивной энергии).

Счетчики построены на современной элементной базе с использованием микропроцессоров и быстродействующей энергонезависимой памяти. Информация отображается на ЖКИ, работающем при низких температурах.

Для хранения и отображения измеренных величин в счетчике имеются энергонезависимая память EEPROM и ЖКИ для отображения измеряемых величин.

6.7. Счетчики электрической энергии микропроцессорные трехфазные статические СТЭ561 *(ОАО «Московский завод электроизмерительных приборов»)*

Счетчики предназначены для учета активной или реактивной энергии в прямом направлении в четырехпроводных сетях переменного тока номинальной частотой 50 Гц, а также для передачи по линиям связи информационных данных АСКУЭ.

Особенности счетчиков:

- работа в расширенном температурном диапазоне;
- класс точности 1.0;
- наличие светодиодных индикаторов напряжения по каждой фазе: L1, L2, L3;
- обнаружение и индикация неправильного подключения по току с помощью светодиода «Ошибка подключения»;
- современная импортная элементная база.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:
- по активной энергии 1.0
- по реактивной энергии.. . . . . 2.0

Номинальное напряжение, В . . . . 3×220/380; 3×58/100
Номинальный (максимальный) ток, А 5 (7,5); 5 (50); 10 (100)
Номинальная частота сети, Гц 50
Полная (активная) мощность, потребляемая цепью напряжения счетчиков, В·А (Вт), не более. 7,5 (1)
Полная мощность, потребляемая цепью тока счетчиков, В·А, не более 0,5

Ток запуска при измерении активной мощности, мА, для номинального (максимального) тока:
- 10 (100) А; 25
- 5 (50), 5 (7,5) А. 12,5

Параметры телеметрического выхода: . . . .
- напряжение, В 12–24
- ток, мА 10–30

Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+60
Габаритные размеры, мм: . . . . 283×174×75
Масса, кг, не более. 1,65
Средняя наработка до отказа, ч 140 000
Средний срок службы, лет 32

Структура условного обозначения та же, что и у счетчиков СТЭ560; имеются варианты исполнения: ЭМ — однотарифные с электромеханическим отсчетным устройством; ЖКИ — многотарифные; с внешней и внутренней тарификацией, с интерфейсом RS485(RS232).

6.8. Счетчики трехфазные пятого поколения *(Концерн «Энергомера»)*

1. **СЕ 300** — трехфазные счетчики предназначены для измерения и учета активной электроэнергии в трехфазных цепях в бытовом и производственном секторе. Счетчики могут включаться непосредственно или через измерительные трансформаторы, по одному тарифу, автономно или в составе информационно-измерительных систем в качестве датчика приращения энергии и телеизмерения мощности.

Особенности счетчиков:
- защита от недоучета и хищений электроэнергии;
- световой индикатор работы;
- стандартный оптический и телеметрический выход;
- малое собственное энергопотребление;
- высокая чувствительность по току нагрузки;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 160 000 часов;
- межповерочный интервал — 16 лет;
- средний срок службы — 30 лет;
- гарантийный срок эксплуатации — 3 года.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:. 0,5S; 1; 2
Число тарифов. 1
Частота измерительной сети, ГЦ . . . . 50±2,5; 60±3
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×230/400

Базовый (максимальный) ток, А: 5 (60); 5 (100); 10 (100)
Порог чувствительности
(для соответствующего класса точности), мА 20; 25
Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В·А (Вт). . . . . 9(0,8)
Полная потребляемая мощность
последовательной цепи, не более В·А 0,1
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+60
Габаритные размеры, мм: . . . . 235×145×70
Масса, кг, не более 0,8

2. **СЕ 301** — трехфазные микропроцессорные многофункциональные универсальные счетчики предназначены для измерения и учета активной электроэнергии в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока с возможностью учета в одном или двух направлениях.

Область применения: розничный рынок электроэнергии, предприятия коммунальной энергетики, промышленный и мелкомоторный сектор, объекты социального назначения, бытовой сектор.

Особенности счетчиков:

- электронная пломба;
- наличие ИК-порта и оптического интерфейса;
- реле управления нагрузкой;
- реле сигнализации превышения лимитов потребления;
- малое собственное энергопотребление;
- интерфейс EIA485, USB, CAN, EIA232, MBUS, GSM-модем, радиомодем, PLC-модем (передача информации по сети 0,4кВ);
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 60000 часов;
- средний срок службы — 30 лет;
- межповерочный интервал — 16 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности: 0,5*S*; 1
Число тарифов 4
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×230/400
Базовый (максимальный) ток, А: 5 (60); 5 (100); 10 (100)
Порог чувствительности (для соответствующего
класса точности), мА 10; 20
Потребляемая мощность параллельной цепи,
не более, В·А (Вт) . . . . 9(1)
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+70
Габаритные размеры, мм: . . . . 235×169×70
Масса, кг, не более 2

Функциональные возможности счетчиков:

- Счетчики обеспечивают учет и вывод на индикацию:
  - количества потребленной активной электроэнергии нарастающим итогом суммарно и раздельно по 4 тарифам; на конец месяца и за 13 предыдущих месяцев;
  - количества потребленной активной электроэнергии нарастающим итогом суммарно и раздельно по 4 тарифам на конец суток за 45 суток;
  - графиков активных мощностей (потребления), усредненных на заданном интервале времени (1 — 60, 30 минут) не менее 60 суток (30 минут), значение активной мощности усредненное за прошедший трехминутный интервал;
  - максимальное значение активной мощности, усредненное на 30-минутном интервале, за текущий и 12 прошедших месяцев раздельно по четырем тарифам.

Кроме того, счетчики измеряют и показывают среднеквадратические значения фазных напряжений и токов; обеспечивают возможность задания многих параметров (текущего времени и даты, коэффициентов трансформации тока и напряжения и т.д.).

3. **СЕ 302** — счетчики совмещенного учета активной и реактивной электроэнергии в трехфазных цепях в бытовом и производственном секторе (непосредственно или через измерительные трансформаторы). Счетчики измеряют электроэнергию в двух направлениях, автономно или в составе информационно-измерительных систем в качестве датчика приращения энергии и телеизмерения мощности.

   Особенности счетчиков:

- защита от недоучета и хищений электроэнергии;
- световой индикатор работы;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- два направления учета;
- малое собственное потребление;
- наличие порта и оптического интерфейса;
- высокая чувствительность по току нагрузки;
- минимальная наработка на отказ — 160 000 часов;
- межповерочный интервал — 16 лет;
- средний срок службы — 30 лет;
- гарантийный срок эксплуатации — 3 года.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности 0,5S/0,5; 1/1
Число тарифов 1
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5; 60±3
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×230/400
Базовый (максимальный) ток, А 5 (10); 5 (60); 5 (100); 10 (100)
Порог чувствительности
(для соответствующего класса точности), мА. 5; 10
Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В·А (Вт). . . . . 9(0,8)
Полная потребляемая мощность
последовательной цепи, не более, В·А. 0,1
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+60
Габаритные размеры, мм: . . . . 235×145×70
Масса, кг, не более 1

4. **CE 303** — трехфазный микропроцессорный многотарифный счетчик, предназначенный для измерения и учета активной и реактивной электроэнергии в двух направлениях в трехфазных цепях переменного тока, измерение активной, реактивной и полной мощности, коэффициента мощности, среднеквадратического значения напряжения и тока по трем фазам в трехфазных цепях переменного тока, организации многотарифного учета электроэнергии на промышленных предприятиях и объектах энергетики.

Особенности счетчиков:

- электронная пломба;
- наличие ИК-порта и оптического интерфейса;
- реле управления нагрузкой;
- малое собственное энергопотребление;
- сигнализация об отклонении от лимитов по мощности и потреблению;
- интерфейс, радиомодем; PLC-модем;
- защита памяти данных и памяти программ от несанкционированных изменений;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 160000 часов;
- средний срок службы — 30 лет;
- межповерочный интервал — 16 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности при измерении активной/
реактивной энергии 0,5S/0,5; 1/1
Число тарифов 4
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×230/400

Базовый (максимальный) ток, А 5 (60); 5 (100); 10 (100)
Порог чувствительности (для соответствующего класса точности), мА. . . . 10; 20
Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В·А (Вт). . . . . 9(1)
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+70
Габаритные размеры, мм: . . . . 235×169×70
Масса, кг, не более 2

Функциональные возможности счетчиков:

- Счетчики обеспечивают учет и вывод на индикацию:
  - количества потребленной и отпущенной активной и реактивной электроэнергии раздельно и нарастающим итогом суммарно по четырем тарифам на конец месяца и за 13 предыдущих месяцев;
  - графиков активных и реактивных мощностей потребления, усредненных на заданном интервале времени 30 минут не менее 60 суток, значение активной и реактивной мощности, усредненное за прошедший 3-х минутный интервал;
  - количества потребленной активной и реактивной электроэнергии нарастающим итогом суммарно и раздельно по 4-м тарифам на конец суток и за 45 предыдущих суток;
  - действующего тарифа и направления электроэнергии (отпуск, потребление);
  - максимальное значение активной и реактивной мощности, усредненное на 30-минутном интервале, за текущий и 12 прошедших месяцев раздельно по четырем тарифам.

Кроме того, счетчики измеряют и показывают среднеквадратические значения фазных напряжений и токов; обеспечивают возможность задания многих параметров (разрешения перехода на «летнее» время, лимитов по потреблению и др.).

5. **СЕ 304** — трехфазный многопроцессорный многофункциональный универсальный счетчик, предназначенный для измерения и учета активной и реактивной электроэнергии, измерения активной, реактивной и полной мощности, частоты, коэффициента мощности, среднеквадратического значения напряжения и тока в трехфазных цепях переменного тока. Организация многотарифного учета электроэнергии в составе АИИС КУЭ на промышленных предприятиях и объектах энергетики.

Особенности счетчиков:

- параллельная работа по двум интерфейсам;
- наличие канала передачи данных;
- внедрение сетевых протоколов для передачи данных, возможность работы по разным интерфейсам с использованием разных протоколов;

- индикация правильности подключения счетчика;
- возможность наращивания объемов хранения профиля нагрузок (от 30 мин до 330 суток);
- фиксация положения коммутационной аппаратуры;
- учет потерь в линиях электрической сети;
- реле управления нагрузкой;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 80 000 часов;
- средний срок службы — 24 года;
- межповерочный интервал — 8 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности при измерении активной/
реактивной энергии 0,2S/0,5; 0,5S/1
Число тарифов. 4
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Номинальное напряжение, В . . . . 3×57,7/100; 3×220/380
Базовый (максимальный) ток, А 1 (1,5); 5 (7,5); 5 (50); 10 (100)
Порог чувствительности (для соответствующего
класса точности), мА 20; 25
Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В·А 6
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40…+60
Габаритные размеры, мм: . . . . 235×169×70
Масса, кг, не более 3

Функциональные возможности счетчиков:

- Счетчики обеспечивают учет и вывод на индикацию:
  - количества потребленной и отпущенной активной и реактивной электроэнергии нарастающим итогом суммарно и раздельно по четырем тарифам;
  - за текущий и 13 прошедших месяцев раздельно по четырем тарифам;
  - за текущие и 46 прошедших суток раздельно по четырем тарифам;
  - 2 независимых массива графиков активных и реактивных мощностей нагрузки, усредненных на заданном интервале времени (от 1 до 60 минут), глубиной хранения не менее 330 суток (для времени усреднения 30 минут) в каждом направлении учета электроэнергии;
  - действующего тарифа и направления электроэнергии (отпуск, потребление);
  - энергии потерь пофазно в цепях тока нарастающим итогом для каждого направления электроэнергии;

– максимальное значение активной и реактивной мощности, усредненное на 30-минутном интервале, за текущий и 13 прошедших месяцев раздельно по четырем тарифам.

Кроме того, счетчики измеряют и показывают углы сдвига фазы между основными гармониками фазных напряжений и токов, коэффициентов активной и реактивной мощностей; обеспечивают возможность задания многих параметров, обмен информацией с внешними устройствами обработки данных и др.

6.9. Трехфазные, электронные счетчики электроэнергии СТЭ-01 *(Компания «Контактор»)*

Счетчики предназначены для измерения и учета активной электрической энергии в трехфазной сети переменного тока по четырехпроводной схеме включения. Счетчики входят в серию современных разработок и являются альтернативой традиционным индукционным счетчикам; полностью соответствуют требованиям нового стандарта ГОСТ 52320-2005.

Конструкция корпуса предусматривает возможность крепления счетчиков на DIN–рейку, а применение шунтовых преобразователей тока позволяет достичь отсутствия фазовых искажений сигнала и, соответственно, фазовых искажений при измерениях, дает возможность измерения постоянной составляющей счетчика.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:	1
Отсчетное устройство	механическое
Число тарифов	1
Номинальный ток, А	10
Максимальный ток, А	80
Порог чувствительности, мА	40
Номинальное напряжение, В	~3×380 (220)
Диапазон изменения напряжения, В	~176...253
Номинальная частота электрической сети, Гц	50
Диапазон изменения частоты, Гц	47,5...52,5
Активная (полная) потребляемая мощность в цепи напряжения, Вт (В·А)	1,5 (5)
Полная потребляемая мощность в цепи тока , В·А,	0,03
Масса, кг, не более	1,2
Габаритные размеры, мм	145×150×65
Интервал периодической поверки, лет	16
Срок службы, лет	30
Гарантийный срок хранения со дня изготовления счетчика, месяцев	6
Гарантийный срок эксплуатации счетчика, год	3

Предельные параметры эксплуатации:
Температура окружающего воздуха, °С . . . . –45...+55
Относительная влажность окружающего воздуха
при температуре 25 °С,% 90
Атмосферное давление, кПа . . . . 60...106,7

6.10. Счетчики электрической энергии микропроцессорные трехфазные серии СТС5605, СТС5602 *(ОАО «Московский завод электроизмерительных приборов»)*

Счетчики серий СТС5605, СТС5602 трехфазные, многотарифные, электронные, цифровые, комбинированные приборы, сочетающие в себе многофункциональный микропроцессорный счетчик и измеритель показателей качества электроэнергии: U, I, f, cosφ.

Счетчики серии СТС5605 трансформаторного включения предназначены для измерения активной и реактивной электроэнергии на промышленных предприятиях и объектах энергетики, формирования и хранения профилей нагрузки и регистрации максимальной мощности.

Применяются в системах АСКУЭ для передачи измеренных величин на диспетчерский пункт контроля, учета и распределения электрической энергии.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:
по активной энергии; 0.2S; 0.5S; 1.0
по реактивной энергии. 0.5; 1.0; 2.0
Количество тарифов . . . . до 8-ми
Номинальное напряжение, В . . . . 3×220/380; 3×57,7/100; 3×100
Номинальный ток, А 1; 5
Максимальный ток, А 1,2; 2; 6; 10
Частота сети, Гц 50
Скорость обмена, бод . . . . до 9600
Рабочая температура, °С . . . . –40...+70
Габаритные размеры, мм: . . . . 328×178×60
Масса, кг, не более. 1,35
Межповерочный интервал, лет 10
Средняя наработка до отказа, ч 100 000
Средний срок службы, лет 30

Функциональные возможности счетчиков:

- измерение активной и реактивной электрической энергии в трехфазных 3- и 4-проводных сетях переменного тока в двух направлениях;

- измерение реактивной электрической энергии в 3- и 4-проводных сетях переменного тока по квадрантам;
- измерение удельных активных потерь (на 1 Ом подводящих линий) в цепях тока и активных потерь в магнитопроводе силового трансформатора. При этом расчет потерь энергии можно произвести средствами АИИС (АСКУЭ), запросив данные из памяти счетчика:
- определение суммарной (по трем фазам) активной и реактивной мощности;
- измерение частоты, напряжения, тока, угла сдвига фаз;
- формирование и хранение профилей мощности, тока и напряжения с интервалом усреднения мощности 1–60 мин глубиной до 30 мес;
- учет кратковременных и длительных перерывов в подаче электропитания (запоминает до 32 последних отключений электропитания с указанием даты/времени отключения и даты/времени включения);
- фиксация максимальной мощности нагрузки в заданном интервале времени;
- возможность подключения дополнительного источника питания для схемы счетчика напряжением от 48 до 300 В;
- возможность подключения источника (6 В) для считывания данных в выключенном счетчике;
- возможность подключения к счетчику до 4-х датчиков воды и газа;
- возможность составления сложных тарифных расписаний, состоящих из 12 сезонов.

Таблица 6.2

Типоисполнение счетчиков

Типоисполнение	Класс точности по активной (реактивной) энергии	Номинальное напряжение, В	Номинальный (максимальный) ток, А	Вид и направление измеренной энергии	Количество квадрантов, в которых производится измерение
СТС 5605-4/05-3	0.5*S*(1.0)	3×100	5 (6) или 1 (1,2)	Активная и реактивная энергия в 2-х направлениях	4
СТС5605-4/1-3	1.0(2.0)		5(6)		
СТС5605-4/05-4	0.5*S*(1.0)	3×58/100	5 (6) или 1 (1,2)		
СТС5605-4/1-4	1.0(2.0)				
СТС5605-4/05-4Н	0.5*S* (1.0)	3×220/380	5(6)		
СТС5605-4/1-4Н	1.0(2.0)				

Окончание таблицы 6.2

Типоисполнение	Класс точности по активной (реактивной) энергии	Номинальное напряжение, В	Номинальный (максимальный) ток, А	Вид и направление измеренной энергии	Количество квадрантов, в которых производится измерение
СТС5605-2/05-3	0.5*S*(1.0)	3×100	5 (6) или 1 (1,2)	Активная и реактивная энергия в 1-м направлении	2
СТС5605-2/1-3	1.0 (2.0)				
СТС5605-2/05-4	0.5*S*(1.0)	3×58/100			
СТС5605-2/1-4	1.0(2.0)				
СТС5605-2/05-4Н	0.5*S* (1.0)	3×220/380	5(6)		
СТС5605-2/1-4Н	1.0 (2.0)				
СТС5602-4/02-3	0.2*S*(0.5)	3×100	5 (6) или 1 (6)	Активная и реактивная энергия в 2-х направлениях	4
СТС5602-4/05-3	0.5*S*(0.5; 1.0)				
СТС5602-4/02-4	0.2*S*(0.5)	3×58/100			
СТС5602-4/05-4	0.5*S*(0.5; 1.0)				
СТС5602-2/02-3	0.2*S*(0.5)	3×100		Активная и реактивная энергия в 1-м направлении	2
СТС5602-2/05-3	0.5*S*(0.5; 1.0)		5(6)		
СТС5602-2/02-4	0.2*S*(0.5)	3×58/100	5 (6) или 1 (6)		
СТС5602-2/05-4	0.5*S*(0.5; 1.0)				

6.11. Счетчики электрической энергии микропроцессорные многотарифные трехфазные ПСЧ-4ТМ.05
(ФГУП «Нижегородский завод им. М.В. Фрунзе»)

Счетчики предназначены для коммерческого и технического учета прямого и обратного направления активной и реактивной электрической энергии в 3- и 4-проводных сетях переменного тока.

Счетчики имеют встроенные независимые интерфейсы связи RS485 и оптический порт и могут эксплуатироваться в составе АСКУЭ, а также в составе систем диспетчерского управления.

Счетчики имеют несколько модификаций, отличающихся классом точности, номинальным напряжением и током, наличием резервного блока питания.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:	
– по активной энергии и мощности;	0.5S
– по реактивной энергии и мощности.	1.0
Номинальный (максимальный) ток, А	1 (1,5); 5 (7,5)
Ток чувствительности	$0{,}001I_{ном}$
Номинальное напряжение, В	3×57,7/100; 3×120…230/208…400
Диапазон рабочих напряжений	$0{,}85…1{,}1U_{ном}$
Частота сети, Гц	47,5–52,5
Полная мощность, потребляемая каждой последовательной цепью, В·А	<0,1
Мощность, потребляемая цепью напряжения, не более:	
– полная, В·А;	1,5 ($U_{ном}$=57,7 В) 3 ($U_{ном}$=120…230 В)
– активная, Вт	0,8 ($U_{ном}$=57,7 В) 1,3($U_{ном}$=120…230 В)
Скорость обмена, бод:	
– по интерфейсу RS485;	1200; 2400; 4800; 9600; 19200
– по оптопорту.	9600
Тарификатор:	
– тарифных зон	4
– типов дней.	4
– сезонов	12
Защита информации	2 уровня доступа защита и аппаратная памяти метрологических коэффициентов
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+60
Габаритные размеры, мм:	330×170×80
Масса, кг, не более	1,5
Межповерочный интервал, лет	10
Средний срок службы, лет	30

Функциональные возможности счетчиков:

- счетчики обеспечивают возможность программирования и перепрограммирования через интерфейс RS485 или оптический порт многих параметров (тарифного расписания, текущего времени и даты, параметров измерителя качества электроэнергии и др.);
- позволяют отображать на индикаторе учтенную энергию обоих направлений за сутки, месяц, год;
- позволяют фиксировать утренние и вечерние максимумы мощности и др.

Кроме того, счетчики позволяют измерять и отображать на индикаторе многие физические величины.

6.12. Счетчики электрической энергии микропроцессорные трехфазные однотарифные СТЭБ-03 и СТЭБ-04
(ЗАО «РАДИО И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»)

Счетчики предназначены для измерения и учета активной электрической энергии в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока, автономно или в составе АСКУЭ БП РМС 2060, для технического и коммерческого учета потребления электроэнергии на подстанциях, у коллективных потребителей в бытовом и промышленном секторах.

Функциональные возможности счетчиков:

- пофазный и общий учет энергии — текущий и на первое число месяца;
- пофазное и общее измерение средней мощности;
- тарификация потребления электроэнергии по трем тарифам и шести тарифным зонам;
- автоматическое переключение тарифов;
- индикация текущего тарифа;
- автоматический переход на «летнее» и «зимнее» время;
- учет общего времени работы счетчика;
- автоматическая суточная корректировка хода часов;
- передача данных по радиоканалу и силовой сети:
  - количество потребленной электрической энергии по трем тарифам, текущее и на первое число месяца;
  - суммарное время работы счетчика;
  - текущие дата и время;
  - служебная информация;
- ведение журналов учета потребления энергии — пофазный и общий по суткам в течение месяца; пофазный и общий по месяцам в течение года.

Технические характеристики счетчиков

ласс точности	1.0
эминальное напряжение, В	380(3×220)
эминальный (максимальный) ток, А	5 (7,5); 5 (50)
эминальная частота сети, Гц	50
элная мощность, потребляемая цепью, В·А:	
– напряжения	10
– тока	2,5
ıолнительный канал связи:	
– СТЭБ-04-К	RS485
– СТЭБ-04-Р	Радиоканал

Диапазон рабочих температур, °С . . . . –35...+55
Масса, кг, не более 1,5
Минимальная наработка на отказ, ч 35 000
Межповерочный интервал, лет 10
Средний срок службы, лет 30
Гарантийный срок эксплуатации, лет 2

Условные обозначения:

1Т — один тариф; 3Т — три тарифа; 3пр — схема включения трехфазная 3-проводная; 4пр — схема включения трехфазная 4-проводная; Н — одно направление учета электрической энергии; Р — наличие радиопередающего устройства; К — наличие интерфейса RS485; ДР — имеют дополнительные датчики мощности (ДДМ), располагаемые на проводах ввода на расстоянии до 50 м от счетчика.

Таблица 6.3.

Типоисполнение счетчиков

Тип	Класс точности	Номинальный–максимальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Схема включения	Количество тарифов
СТЭБ-03Н/1-7,5 100 В; 5–7,5 А; 3Ф; 3пр.; 1Т	1.0	5–7,5	100	3пр	1
СТЭБ-03Н/1-7.5-К 100 В; 5–7,5 А; 3Ф; 3пр.; 3Т					3
СТЭБ-03Н/1-7.5-Р 100 В; 5–7,5 А; 3Ф; 3пр.; 3Т					
СТЭБ-04Н/1-7.5 380 В; 5–7,5 А; 3Ф; 4пр.; 1Т			380	4пр	1
СТЭБ-04Н/1-7.5-К 380 В; 5–7,5 А; 3Ф; 4пр.; RS485; 3Т					3
СТЭБ-04Н/1-7.5-Р 380 В; 5–7,5 А; 3Ф; 4пр.; радиоканал, 3Т					
СТЭБ-04Н/1-50 380 В; 5–50 А; 3Ф; 4пр.; 1Т		5–50			1
СТЭБ-04Н/1-50-К 380 В; 5–50 А; 3Ф; 4пр.; RS485, 3Т					3
СТЭБ-04Н/1-50-Р 380 В; 5–50 А; 3Ф; 4пр.; радиоканал; 3Т					
СТЭБ-04Н/2-80-ДР 380 В; 5–80 А; радиоканал; RS485 с защитой от хищения; 3Т	2.0	5–80			

6.13. Счетчики электрической энергии многофункциональные многотарифные трехфазные серии «Энергия-9» типа СТКЗ *(ООО «Телекарт-Прибор»)*

Счетчики, в зависимости от исполнения предназначены:

- для измерения активной и реактивной электрической энергии в одном или в двух направлениях по дифференцированным во времени тарифам в трехфазных сетях переменного тока промышленной частоты;
- отдельные исполнения счетчиков обеспечивают контроль (мониторинг) основных параметров измерительной сети (активной, реактивной и генерируемой мощности; тока; напряжения (линейного или фазного); частоты сети; cosφ).

Область применения счетчиков: учет электрической энергии на энергетических объектах, на промышленных предприятиях и в коммунально-бытовой сфере в условиях применения дифференцированных во времени тарифов на электрическую энергию.

Счетчики предназначены для использования в АСКУЭ, с применением дифференцированных во времени тарифов на электрическую энергию, в том числе по тарифам выходных и праздничных дней.

Для работы в составе АСКУЭ счетчики имеют последовательный интерфейсный выход RS485 и телеметрический импульсный выход.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности: 0.2*S*; 0.5*S*; 1.0
Количество сезонов. . . . . до 12
Количество временных зон по каждому сезону . . . . до 8
Номинальное напряжение, В 57,7; 100; 220; 380
Номинальный (максимальный) ток, А . . . . 1 (1,5;) 5 (7,5); 10(40) 40 (100); 5 (60); 10 (100)
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Порог чувствительности, мА, не менее 0,5
Полная потребляемая мощность параллельной цепи, В·А, не более 10
Полная потребляемая мощность, последовательной цепи, В·А, не более. 4
Число телеметрических выходов 1; 2; 4
График нагрузки по каждому квадранту, количество точек учета 7200
Цифровой интерфейс RS485
Система самодиагностики. . . . . есть
Период интегрирования, мин 1; 3; 5; 10; 15; 30; 45; 60
Число коммутируемых выходов . . . . до 4

Скорость передачи данных по RS485, бод, не более 115 200
Диапазон рабочих температур, °C . . . . –10...+55; –40...+55
Габаритные размеры, мм: . . . . 330×170×70
Масса, кг, не более 3
Межповерочный интервал, лет 6
Срок службы, лет 30

Функциональные возможности счетчиков:

- формирование базы данных, содержащей измерительную информацию;
- передачу интерфейсными каналами измерительной информации, хранимой в базе данных, устройствам учета электрической энергии высшего уровня.

Программное обеспечение (ПО) счетчика предусматривает формирование шести графиков нагрузки (два — по активной энергии, четыре — по реактивной).

Встроенным ПО предусмотрена блокировка доступа к счетчику через оптопорт как по команде с клавиатуры счетчика так и по команде, переданной в счетчик по интерфейсному каналу.

6.14. Счетчики однофазные нового поколения *(Концерн «Энергомера»)*

1. **СЕ 101** — однофазные счетчики; применяются для измерения и учета активной электроэнергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока по одному тарифу, автономно или в составе информационно- измерительных систем в качестве датчика приращения энергии и телеизмерения мощности. Используются в бытовом и муниципальном секторе: жилые и общественные здания, мобильные сооружения, коттеджи, гаражи. В производственном секторе: предприятия мелкомоторного производства, торговли и сферы обслуживания.

Особенности счетчиков:

- малое собственное энергопотребление;
- наличие стандартного и оптического телеметрического выхода;
- световой индикатор работы;
- наличие в счетчике механического или электронного сумматора;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 160 000 часов;
- межповерочный интервал — 16 лет;
- средний срок службы — 30 лет;
- гарантийный срок эксплуатации — 5 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности 1; 2
Число тарифов 1
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Номинальное напряжение, В 230
Базовый (максимальный) ток, А 5 (60), 10 (100)
Порог чувствительности (для соответствующего класса точности), мА 10, 20
Потребляемая мощность параллельной цепи, В·А (Вт), не более 9 (0,6)
Полная потребляемая мощность последовательной цепи, не более, В·А, ... 0,1
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+70
Габаритные размеры, мм: . . . . 110×89×72,5
Масса, кг, не более 0,5

2. **СЕ 200** — однофазные счетчики, предназначенные для измерения и учета активной электроэнергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока, по одному тарифу, автономно или в составе информационно-измерительных систем в качестве датчика приращения энергии и телеизмерения мощности.

Применяются в бытовом и муниципальном секторе: жилые и общественные здания, мобильные сооружения, коттеджи, гаражи, а также в производственном секторе: предприятия мелкомоторного производства, торговли и сферы обслуживания.

Достоинства счетчиков:

- повышенная защита от хищений;
- два измерительных элемента;
- малое собственное энергопотребление;
- наличие стандартного и оптического телеметрического выхода;
- световой индикатор работы;
- наличие в счетчике механического или электронного сумматора;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- минимальная наработка на отказ — 160 000 часов;
- межповерочный интервал — 16 лет;
- средний срок службы — 30 лет;
- гарантийный срок эксплуатации — 5 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:. 1; 2
Число тарифов 1
Частота измерительной сети, Гц . . . . 50±2,5
Номинальная (максимальная) сила тока, А. 5 (60)

Номинальное напряжение, В. 230
Порог чувствительности, мА 20
Потребляемая мощность параллельной цепи, В·А (Вт), не более 9 (0,6)
Полная потребляемая мощность последовательной
цепи, не более, В·А, ... 0,1
Передаточное число импульсного телеметрического
выхода, имп./кВт·ч 800; 1600; 3200
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –40...+70
Габаритные размеры, мм: . . . . 110×115×53
Масса, кг, не более 0,5

3. **СЕ 201** — однофазные микропроцессорные многотарифные счетчики, предназначенные для измерения и учета активной электроэнергии в однофазных цепях переменного тока и организация ее расчетного учета по четырем тарифам с передачей накопленной информации через цифровой интерфейс, IrDA-порт, оптопорт, PLC-модем, радиомодем.

Применяются в бытовом секторе, предприятиях мелкомоторного производства и сферы обслуживания. Возможно использование в составе автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) в качестве датчика приращения энергии в однофазных цепях и автономно в индивидуальном жилом секторе.

Особенности счетчиков:

- два измерительных элемента;
- ЖК-индикатор с широким диапазоном рабочих температур;
- цифровой интерфейс EIA485, EIA232, USB, CAN, MBUS);
- световой индикатор работы;
- защита от недоучета и хищений электроэнергии;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- электронная пломба;
- реле управления нагрузкой;
- минимальная наработка на отказ — 160 000 часов;
- межповерочный интервал — 8 лет;
- средний срок службы — 24 года;
- гарантийный срок эксплуатации — 3 года.

Функциональные возможности счетчиков:

- Счетчик обеспечивает учет и вывод на индикацию:
  - количества потребленной активной электроэнергии нарастающим итогом суммарно и раздельно по четырем тарифам; на конец месяца и за 13 предыдущих месяцев; на конец суток и за 45 предыдущих суток.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности	1; 2
Число тарифов	4
Частота измерительной сети, Гц	50±2,5
Номинальное напряжение, В	230
Базовый (максимальный) ток, А	5 (60), 10 (100)
Номинальная (максимальная) сила тока, А	5 (60)
Порог чувствительности (для соответствующего класса точности), мА	10, 20
Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В·А (Вт)	9 (0,6)
Полная потребляемая мощность последовательной цепи, не более, В·А,	0,1
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+60
Габаритные размеры, мм:	170×115×53
Масса, кг, не более	0,5

6.15. Счетчики электроэнергии электронные однофазные серии СОЭИ-5/60 *(ООО «ИТЭЛМА-РЕСУРС», Москва)*

Счетчики электроэнергии серии СОЭИ-5/60-1 (Сапфир) предназначены для измерения и однотарифного учета активной электрической энергии в однофазных двухпроводных цепях пременного тока номинальной частотой 50 (60) Гц, напряжением 220 В. Могут эксплуатироваться автономно и в составе автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) с использованием импульсного выхода.

Особенности счетчиков:

- счетчик непосредственного включения;
- жидкокристаллический индикатор;
- световой индикатор функционирования;
- телеметрический импульсный выход;
- малое собственное энергопотребление;
- устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям;
- межповерочный интервал 16 лет;
- средняя наработка до отказа: 140 000 часов;
- средний срок службы до первого капитального ремонта — 30 лет.

Технические характеристики счетчиков

Класс точности:	1
Число тарифов	1
Номинальная частота, Гц	50
Номинальное напряжение, В	220
Номинальный ток, А	5

Максимальный ток, А 60
Порог чувствительности, Вт 2,75
Полная потребляемая мощность
параллельной цепи, не более, В·А 10
Полная потребляемая мощность
последовательной цепи, не более, В·А, ... 2,5
Диапазон рабочих температур, °С . . . . –20...+55
Масса, кг, не более 0,7

Имеются также электронные однофазные счетчики элекроэнергии той же серии, но отличающиеся от СОИЭ-5/60-1:

- СОЭИ-5/60-3 имеет до четырех тарифов, выдерживает напряжение сети до 380 В до 500 ч; имеет также защиту от недоучета и хищении электроэнергии, тарификатор, интерфейс, защиту информации с помощью паролей; сохраняет информацию при отключении питания до 20 лет.
- СОЭИ-5/60-4 и СОЭИ-5/60-3 имеют расширенный диапазон рабочих температур (от –40 до +70°С).

7. Низковольтное электрооборудование

7.1. Автоматические выключатели

Автоматические выключатели с естественным воздушным охлаждением (автоматы) предназначены для отключения тока при КЗ, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для оперативных включений и отключений электрических цепей (в том числе электродвигателей) на напряжение до 1 кВ.

Расцепители, являясь составной частью автоматов, контролируют заданный параметр защищаемой цепи и воздействуют на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Наиболее распространенными расцепителями являются:

- электромагнитные — для защиты от тока КЗ;
- тепловые — для защиты от перегрузок;
- комбинированные, совмещающие в себе электромагнитные и тепловые расцепители;
- полупроводниковые, позволяющие ступенчато менять: номинальный ток расцепителя; время срабатывания в зоне перегрузки; отношение тока срабатывания при токе КЗ (0,1; 0,25; 0,4 с).

Полупроводниковые расцепители имеют более стабильные параметры и удобны в настройке.

Если автомат не имеет максимальных расцепителей, то он используется только для коммутаций цепей без тока.

Кроме указанных, имеются также минимальные, нулевые, независимые и максимальные токовые расцепители. Минимальные расцепители отключают включенный автомат при $U = (0{,}35 - 0{,}7)U_{ном}$; нулевые расцепители — при $(0{,}1 - 0{,}35)U_{ном}$. Независимые расцепители служат для дистанционного отключения автоматов, максимальные токовые — для защиты электрических цепей (кроме двигателей) от перегрузки.

Автоматические выключатели ВА «ЩИТ»
(Электротехническая компания «ЭНЕРГО-ЩИТ», г. Москва)

1. *Выключатели автоматические ВА 76-29 «ЩИТ»* предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 76-29 имеют модульное исполнение и крепятся на О1М-рейку.

Таблица 7.1

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 76-29 «ЩИТ»

Параметры			ВА 76-29-1	ВА 76-29-2	ВА 76-29-3	ВА 76-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			B, C			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu}), А			3000			
Ресурс, кол-во циклов В–О	1~32А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в ч			
	40~63А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			1,0–25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_s, %			100			

Параметры	ВА 76-29-1	ВА 76-29-2	ВА 76-29-3	ВА 76-29-4
Категория применения	А			
Климатическое исполнение	УХЛЗ			
Максимальная потеря мощности на один полюс:				
– до 40 А	не более 3 Вт			
– до 63 А	не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:				
– сверху, мм	50			
– снизу, мм	5			

Тип В ($3I_n$~$5I_n$) — *для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий.*

Тип С ($5I_n$~$10I_n$) — для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с небольшими пусковыми токами.

Аналог ВА «ЩИТ» серии ВА 76-29 с номинальной отключающей способностью 3000 А выпускает фирма SIEMENS.

2. *Выключатели автоматические ВА 76-31 «ЩИТ»* имеют высокую надежность и предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 76-31 имеют модульное исполнение и крепятся на DIN-рейку.

Таблица 7.2

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 76-31 «ЩИТ»

Параметры			ВА 76-3 1-1	ВА 76-3 1-2	ВА 76-3 1-3	ВА 76-3 1-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			80, 100			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			C, D	C, D	C, D	C, D
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			4500			
Ресурс, кол-во циклов В–О	80~100 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			2,5–35,0			

Параметры	ВА 76-3 1-1	ВА 76-3 1-2	ВА 76-3 1-3	ВА 76-3 1-4
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}, %	100			
Категория применения	А			
Климатическое исполнение	УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А	не более 1 5 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:				
– сверху, мм	50			
– снизу, мм	5			

Тип С ($5I_n$~$10I_n$) — для защиты электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с небольшими пусковыми токами

Тип О ($10I_n$~$20I_n$) — для защиты низковольтных электрических сетей административных и жилых зданий и для потребителей с большими пусковыми токами (трансформаторы, электродвигатели).

3. *Автоматические выключатели ВА 77, 78, 80* имеют одинаковое назначение, такое же, как и ВА 76. Различаются они по техническим характеристикам, которые приведены ниже.

Таблица 7.3

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 77-29 «ЩИТ»

Параметры			ВА 77-29-1	ВА 77-29-2	ВА 77-29-3	ВА 77-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			В, С			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			4500			
Ресурс, кол-во циклов В–О	1~32А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в ч			
	40~63А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			1,0–25,0			

Окончание таблицы 7.3

Параметры	ВА 77-29-1	ВА 77-29-2	ВА 77-29-3	ВА 77-29-4
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}, %	100			
Категория применения	А			
Климатическое исполнение	УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:				
– до 40 А	не более 3 Вт			
– до 63 А	не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:				
– сверху, мм	50			
– снизу, мм	5			

ВА «ЩИТ»		Аналоги								
серия	I_{cu}, А	ИЭК	ДЭК	ЭКФ	«Электроаппарат» г. Курск	«Тираспольский электроаппаратный завод»	Schneider Electric	ABB	LEGRAND	SIEMENS
ВА 77-29	4500	ВА47-29	ВА101	ВА47-63	ВМ40 (до 40 А)	ВА66-29	ВА63	S230	—	5SQ3 5SX5

Таблица 7.4

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 77-31 «ЩИТ»

Параметры			ВА 77-3 1-1	ВА 77-3 1-2	ВА 77-3 1-3	ВА 77-3 1-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			80, 100			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			С, В			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			6000			
Ресурс, кол-во циклов В–О	80~100 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			2,5–35,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}, %			100			
Категория применения			А			

Окончание таблицы 7.4

Параметры	ВА 77-3 1-1	ВА 77-3 1-2	ВА 77-3 1-3	ВА 77-3 1-4
Климатическое исполнение	УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А	не более 15 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:				
– сверху, мм	50			
– снизу, мм	5			

Таблица 7.5

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 78-29 «ЩИТ»

Параметры			ВА 78-29-1	ВА 78-29-2	ВА 78-29-3	ВА 78-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления			B, C	B, C	B, C	B, C
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			6000			
Ресурс, кол-во циклов В–О	1~32 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в ч			
	40~63 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			1,0–25,0			
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}, %			100			
Категория применения			A			
Климатическое исполнение			УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:						
— до 40 А			не более 3 Вт			
— до 63 А			не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:						
— сверху, мм			50			
– снизу, мм			5			

Таблица 7.6

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 78-31 «ЩИТ»

Параметры			ВА 78-31-1	ВА 78-31-2	ВА 78-31-3	ВА 78-31-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			80, 100			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			C, D			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (1ш), А			6000			
Ресурс, кол-во циклов В–О	80~100 А	Электрический	не менее 1500			
		Механический	не менее 8500			
		Общий	10000			
Диапазон рабочих температур, °С			от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2			10–35,0			
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}, %			100			
Категория применения			А			
Климатическое исполнение			УХЛЗ			
Максимальная потеря мощности на один полюс до 100 А			не более 15 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:						
– сверху, мм			50			
— снизу, мм			5			

Таблица 7.7

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 80-29 «ЩИТ»

Параметры			ВА 80-29-1	ВА 80-29-2	ВА 80-29-3	ВА 80-29-4
Номинальный ток расцепителей I_n, А			1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63			
Номинальное рабочее напряжение U_e, В			230/400	400		
Номинальная частота, Гц			50			
Число полюсов			1	2	3	4
Характеристика расцепления (тип)			В, С			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А			4500			
Ресурс, кол-во циклов ВО	1~32 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	240 в ч			
	40~63 А	Электрический	не менее 4000			
		Механический	не менее 20000			
		Частота срабатываний	120 в ч			

Параметры	ВА 80-29-1	ВА 80-29-2	ВА 80-29-3	ВА 80-29-4
Диапазон рабочих температур, °С	от –45 до +55			
Сечение подключаемых проводников, мм^2	1,0–25,0			
Наибольшая рабочая отключающая способность, I_{cs}, %	100			
Категория применения	А			
Климатическое исполнение	УХЛ3			
Максимальная потеря мощности на один полюс:				
– до 40 А	не более 3 Вт			
– до 63 А	не более 7 Вт			
Минимально допустимые расстояния от выключателя до металлических частей:				
– сверху, мм	50			
– снизу, мм	5			

4. *Выключатель автоматический ВА 99 ЩИТ* предназначен для обеспечения протекания тока в нормальном режиме, защиты электрических цепей при коротких замыканиях и перегрузках, а также для их оперативных включений и отключений. Применяются в основном в распределительных цепях переменного тока с напряжением до 690 В и номинальным рабочим током до 1250 А.

Обозначение параметров:

I_n — номинальный ток расцепителя;

U_e — номинальное рабочее напряжение;

$U_{ни}$ — номинальное напряжение изоляции;

I_{cu}, I'_{cu}, I''_{cu} — номинальная предельная наибольшая отключающая способность при 380, 415 и 660 В;

I_{cs}, I'_{cs}, I''_{cs} — номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при 380, 415 и 660 В.

Таблица 7.8

Технические характеристики автоматических выключателей ВА99

<table>
<tr><th>Тип</th><th>I_n</th><th>U_e</th><th>$U_{ни}$</th><th>I_{cu}</th><th>I'_{cu}</th><th>I''_{cu}</th><th>I_{cs}</th><th>I'_{cs}</th><th>I''_{cs}</th></tr>
<tr><td>ВА 99-63S/3</td><td rowspan="3">16, 20, 32, 40, 50, 63</td><td rowspan="3">415</td><td rowspan="3">500</td><td>10</td><td>5</td><td>7,5</td><td>3</td><td rowspan="3">—</td><td rowspan="3">—</td></tr>
<tr><td>ВА 99-63Н/3</td><td colspan="2" rowspan="2">25</td><td rowspan="2">17,5</td><td rowspan="2">8,5</td></tr>
<tr><td>ВА 99-63Н/4</td></tr>
<tr><td>ВА 99-100S/3</td><td rowspan="5">16,20,32, 40, 50, 63, 80, 100</td><td rowspan="5">690</td><td rowspan="5">800</td><td>17,5</td><td>8,5</td><td rowspan="2">15</td><td>7,5</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>ВА 99-100Н/2</td><td rowspan="3">30</td><td rowspan="3">15</td><td rowspan="3">12,5</td><td rowspan="3">4</td><td rowspan="3">2</td></tr>
<tr><td>ВА 99-100Н/3</td><td rowspan="2">1</td></tr>
<tr><td>ВА99-100Н/4</td></tr>
<tr><td>ВА99-100R/3</td><td>50</td><td>25</td><td>40</td><td>20</td><td>5</td><td>2,5</td></tr>
</table>

Тип	I_n	U_e	$U_{нн}$	I_{cu}	I'_{cu}	I''_{cu}	I_{cs}	I'_{cs}	I''_{cs}
ВА 99-250S/3	100, 125, 160, 180, 200, 225, 250	690	800	20	10	17,5	8,5	3	1,5
ВА99-250H/2				30	15	25	12,5	4	2
ВА 99-250H/3									
ВА 99-250H/4									
ВА 99-250R/3				50	25	40	20	5	2,5
ВА 99-400S/3	225, 250, 315, 350, 400			25	12,5	17	8,5	7,5	4
ВА 99-400H/3				30	15	25	12,5	9	4,5
ВА 99-400R/3				50	25	40	20	12,5	6
ВА 99-6305/3	400, 500, 630			25	12,5	20	10	7,5	4
ВА 99-630H/3				30	15	25	12,5	9	4,5
ВА 99-630R/3		415	500	50	25	40	20	—	—
ВА 99-800H/3	630, 700, 800								
ВА 99-800R/3				55	27,5	45	22,5		
ВА 99-1250H/3	700, 800, 900, 1000, 1250			50	25	40	20		

Выключатели автоматические ВА1-2000 марки «ЩИТ» являются новым продуктом на рынке России. Они разработаны на основе новейших технологий по защите электроустановок до 2(XX) А. ВА1-2000 предназначен для защиты и управления в цепях переменного тока с номинальным рабочим напряжением 400 В и 690 В и номинальным током до 2 000 А. Выключатели ВА1-2000 используется в основном в цепях распределения питания. Выпускаются в стационарном и выкатном исполнении и оснащаются механизмом механической блокировки.

Выключатели оснащены программируемой и точной селективной защитой, что позволяет улучшить надежность источников питания и избежать нежелательных отключений питания.

Выключатели используются на электростанциях, заводах, шахтах (при напряжении 690 В), высотных зданиях, особенно для программируемых распределительных сетей зданий.

Таблица 7.9

Технические характеристики автоматических выключателей ВА1-2000

Параметры	Значение параметров
Номинальный предельный отключаемый ток КЗ, кА	I_{cu} = 80; 400 В; I_{cs} = I_{cw} = 50; 400 В
	I_{cu} = 20; 690 В; I_{cs} = I_{cw} = 15; 690 В
Номинальный ток I_n, А	400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000
Номинальное рабочее напряжение U_e,В	400/690

Окончание таблицы 7.9

Параметры		Значение параметров
Номинальная частота, Гц		50
Число полюсов		3; 4
Ном. ток для *N* полюсов *I·N*, А		50% I_n, 100% I_n
Ном. напряжение изоляции U_i, В		1000
Время отключения, мс		23~32
Тип исполнения		Выкатные или стационарные
Ресурс, кол-во циклов В–О	Электрический срок службы	500
	Механический срок службы	без обслуживания 2500
		с обслуживанием 10000
Тип установки		горизонтальный или вертикальный

Автоматические выключатели ELTIV (Компания «ИТЭЛМА-РЕСУРС»)

Автоматические выключатели ELTIV предназначены для использования в низковольтных электрических сетях переменного тока. Защищают от перегрузки (большая мощность по сравнению с расчетной для проводников и силового оборудования) и короткого замыкания (прямой контакт проводников с различными потенциалами).

Срок службы не менее 16 лет.

Безопасность:

- корпус изготовлен из прочного, не поддерживающего горение пластика;
- биметаллическая пластина предназначена для защиты от токов перегрузки;
- электромагнитная катушка обеспечивает защиту от токов короткого замыкания;
- дугогасительная камера предотвращает образование искр при включении автоматического выключателя.

Надежность:

- подвижный контакт имеет специальное серебряно-палладиевое покрытие;
- неподвижный контакт с напайкой из тугоплавкой металлокерамической композиции.

Удобство установки:

- замок для установки на стандартную 35 мм монтажную DIN-рейку;
- универсальные зажимы из посеребренной меди и оцинкованной стали обеспечивают надежный контакт с проводниками сечением от 1 до 25 мм;
- универсальные винты делают удобной работу с любым видом отверток.

Технические характеристики

Номинальный ток. А 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Рабочее напряжение, В 230/400
Частота тока сети, Гц 50
Электрическая износостойкость,
циклов В–О, не менее 6000
Механическая износостойкость, циклов включения-отключения,
не менее. 10000
Количество полюсов 1, 2, 3
Степень защиты IP20
Характеристика срабатывания расцепителя . . . . B, C
Максимальное сечение провода, присоединяемого
к зажимам, мм^2 25
Диапазон рабочих температур, °C . . . . от –40 до +50
Наличие драгоценных металлов (серебро), г/полюс 0,3–0,5

Выключатели вакуумные автоматические типа ВВА-1,14, ВВА2-1,14 (ФГУП «НПП “Контакт”», г. Саратов)

Выключатели вакуумные, автоматические типа ВВА-1,14, ВВА2-1,14, открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, предназначены для проведения тока в номинальном режиме, для защиты при токах короткого замыкания, токах перегрузки и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого оперативного включения и отключения приемников электрической энергии.

Выключатели характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Могут изготавливаться по требованию заказчика на выкатном элементе, под ячейку конкретного распредустройства. Выключатель типа ВВА2-1,14, оснащен механизмом ручного технологического бестокового включения, увеличено количество свободных вспомогательных контактов.

Таблица 7.10

Технические характеристики вакуумных выключателей серии ВВА

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	0,4; 0,66; 1,14; (0,38)
Номинальный ток отключения, кА	20(31,5)
Номинальный переменный ток 50Гц главной цепи, А	1000(1250)
Номинальное напряжение цепи управления пост./перем. тока, В	220/220
Номинальный ток вспомогательных контактов, А	10

Параметры					Значения	
Коммутируемые токи вспомогательных контактов	U, В	12	24	10	220	440
	$I_{пер\cdot}$, А	4,5	3,5	3,8	1,6	0,5
	$I_{пост}$, А	1,0	0,5	0,12	0,06	0,03
Номинальное напряжение вспомогательных контактов, В, не более					660	
Номинальный ток максимального расцепителя, А					400; 500; 630; 800; 1000(1250)	
Собственное время включения, с, не более					0,06(0,08)	
Собственное время отключения, с, не более					0,04	
Ток потребления электромагнита включения, А, не более					12	
Ток потребления электромагнита отключения, А, не более					1,0	
Масса выключателя, кг, не более					50	
Диапазон рабочих температур окр.среды, °С					–40…+40	
Ресурс по механической стойкости, циклов В–О					25000	
Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В–О						

Выключатель поставляется как с блоком электронной токовой защиты, так и без блока (для применения в горнорудной и других отраслях, где токовая защита своя). Электронная токовая защита обеспечивает следующие виды защит (одну или несколько в зависимости от типоисполнения выключателя или без защит):

- максимальная токовая защита каждой из фаз по перегрузу с выдержкой времени, зависимой от тока;
- максимальная токовая защита каждой из фаз по перегрузу с выдержкой времени, независимой от тока;
- токовая отсечка в зоне коротких замыканий с выдержкой времени, зависимой от тока;
- токовая отсечка в зоне коротких замыканий с выдержкой времени, независимой от тока;
- токовая отсечка в зоне коротких замыканий без выдержки времени;
- токовая защита по току утечки на землю с выдержкой времени, независимой от тока;
- минимальная защита каждой из фаз по напряжению, с выдержкой времени;
- нулевая защита каждой из фаз по напряжению, с выдержкой времени.

Устройство обеспечивает оперативную уставку пороговых уровней защиты.

Таблица 7.11

Уставка защиты

Наименование уставки	Значение уставки
Номинальный ток выключателя, А	630; 1000
Номинальный рабочий ток $I_{нр}$ в долях от номинального тока выключателя	0,63; 0,8; 1,0
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока (при токе $6 \times I_{нр}$) – t_1, с	4; 8; 16
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, независимой от тока – t_1^1,с	До 128 с с шагом 1 с
Уставка по току отсечки в зоне коротких замыканий с выдержкой времени — I_2, кратная $I_{нр}$	2; 3; 5; 7; 10
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токозависимой выдержкой времени (при токе — I_2) – t_2, с	0,1; 0,2; 0,3; 0,4
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токонезависимой выдержкой времени t_2^1, с	До 1,0 сек. с шагом 0,1 сек.
Уставка по току отсечки в зоне коротких замыканий без выдержки времени I_3, кратная $I_{нр}$	3; 5; 7; 10; 12; 16
Уставка по току утечки на землю, в долях от $I_{нр}$	0,4; 0,6; 1,0
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по току утечки на землю – t_3 > с	0.1; 0,2; 0,4; 0,8
Номинальное напряжение минимального расцепителя	220; 230; 380; 400; 415; 660; 690; 725
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по нулевому и минимальному напряжению – t_4, с	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0

Примечание:
1. При установке по току отсечки и току перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока, программируют неотключаемые установки.
2. При отдельном заказе программируют другие значения установок по требованию потребителя.

Автоматические выключатели ВАМУ с комбинированным расцепителем для защиты электродвигателей («Шнейдер Электрик»)

Таблица 7.12

Технические характеристики вакуумных выключателей типа ВАМУ

Мощность асинхрониых трехфазных двигателей 50/60 Гц, категория АС-3			Уставка теплового расцепителя, А	Уставка электромагнитного расцепителя, А	№ по каталогу	Масса, кг
230 В	400 В	690 В				
кВт	кВт	кВт				
—	—	0,37	0,40…0,63	8	ВАМУ0,63	0,260
—	—	0,55	0,63…1	13	ВАМУ1	0,260
—	0,37	1,1	1…1,6	22,5	ВАМУ1,6	0,260
0,37	0,75	1,5	1,6…2,5	33.5	ВАМУ2,5	0,260
0,75	1,5	3	2,5…4	51	ВАМУ4	0,260
1,1	2,2	4	4…6,3	78	ВАМУ6,3	0,260
2,2	4	7,5	6…10	138	ВАМУ10	0,260

Мощность асинхронных трехфазных двигателей 50/60 Гц, категория АС-3			Уставка теплового расцепителя, А	Уставка электромагнитного расцепителя, А	№ по каталогу	Масса, кг
230 В	400 В	690 В				
кВт	кВт	кВт				
—	5,5	11	9…14	170	ВАМУ14	0,260
4	7,5	15	13…18	223	ВАМУ18	0,260
5,5	9	18,5	17…23	327	ВАМУ23	0,260
5,5	11	22	20…25	327	ВАМУ25	0,260
7,5	15	22	24…32	416	ВАМУ32	0,260

Защита двигателя осуществляется с помощью термомагнитного расцепителя, встроенного в автоматический выключатель. Магнитный расцепитель (защита от короткого замыкания) имеет фиксированную уставку, которая равна максимальной токовой уставке теплового расцепителя ($13I_n$).

Тепловой расцепитель (защита от перегрузки) включает в себя устройство компенсации изменений температуры окружающей среды. Номинальный ток двигателя устанавливается на автоматическом выключателе с помощью регулировочного диска.

Автоматические выключатели и выключатели нагрузки компании «Шнейдер Электрик»

Выключатели Masterpact NT и NW компания «Шнайдер Электрик» выпускает под торговой маркой Merlin Gerin. В этих аппаратах используется запатентованный принцип разрыва и гашения дуги и модульный принцип конструкции с использованием композитных материалов. К основным характеристикам аппаратов (вкатывание и выкатывание, селективность защит и др.) добавлены функции измерений и передачи данных, способность вступать с необученным пользователем в диалог на интуитивном уровне.

Общие характеристики NT06 — NT16

Количество полюсов 3; 4
Номинальное напряжение изоляции (В) U_i 1000
Номинальное импульсное напряжение, (кВ), U_{imp} 12
Номинальное рабочее напряжение, (В пер. тока 50/60 Гц), U_e 690
Возможность секционирования МЭК 60947-2. . . . .
Степень загрязнения МЭК 60664-1 3

Таблица 7.13

Характеристики автоматических выключателей и выключателей нагрузки NT06 — NT16

Характеристики автоматических выключателей по МЭК 60947-2

Номинальный ток (А)	In	при 40 °C/50 °C (1)
Номинальный ток 4-го полюса (А)		
Номинальный ток датчика (А)		
Тип автоматического выключателя		
Полный ток отключения (кА действ.)	Icu	220/415 В
пер. ток 50/60 Гц		440 В
		525 В
		690 В
Номинальный ток отключения (кА действ.)	Ics	% Icu
Категория применения		
Допустимый сквозной ток короткого замыкания (кА действ.)	Icw	0,5 s
пер. ток 50/60 Гц		1 s
		3 s
Встроенная быстродействующая токовая отсечка (макс. мгновенное значение, кА, +- 10%)		
Допустимый ток включения на к.з. (кА ударн.)	Icm	220/415 В
пер. ток 50/60 Гц		440 В
		525 В
		690 В
Время отключения (мс), от момента команды на отключение до погасания дуги		
Время включения (мс)		

Характеристики автоматических выключателей по NEMA AB1

Ток отключения (кА)	240 В
пер. ток 50/60 Гц	480 В
	600 В

Характеристики выключателей нагрузки по МЭК 60947-3 и Приложению А

Тип выключателя нагрузки		
Допустимый ток включения на к.з. (кА ударн.)	Icm	220 В
Категория АС23А/АС3 пер. ток 50/60 Гц		440 В
		525/690 В
Допустимый сквозной ток короткого замыкания (кА действ.)	Icw	0,5 s
Категория АС23А/АС3 пер. ток 50/60 Гц		1 s
		3 s
Полный ток отключения Icu (кА действ.) при наличии внешнего защитного реле		690 В
Максимальная уставка времени: 350 мс		

Механическая и электрическая износостойкость по МЭК 60947-2/3 при In/Ie

Износостойкость	Механическая	С профилактическим обслуживанием в процессе эксплуатации (см. Инструкцию по эксплуатации)		
Кол-во циклов В/О x 1000		Без профилактического обслуживания		
Тип автоматического выключателя				
Номинальный ток			In (A)	
Кол-во циклов В/О x 1000 МЭК 60947-2	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440 В (4)
				690 В
Тип автоматического выключателя или выключателя нагрузки				
Номинальный рабочий ток			Ie (A)	**АС23А**
Кол-во циклов В/О x 1000	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440 В (4)
МЭК 60947-3				690 В
Тип автоматического выключателя или выключателя нагрузки				
Номинальный рабочий ток			Ie (A)	**АС3** (5)
Мощность двигателя				380/415 В (кВт)
				440 В (кВт)
Кол-во циклов В/О x 1000	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440 В (4)
МЭК 60947-3 Приложение М/МЭК 60947-4-1				690 В

Функции и характеристики NT06 — NT16

Выбор датчиков							
Ном. ток датчика (А)	250 (1)	400	630	800	1000	1250	1600
Регулировка порога Ir (А)	100 - 250	160 - 400	250 - 630	320 - 800	400 - 1000	500 - 1250	640 - 1600

(1) По номинальному току NT02 обращайтесь в «Шнейдер Электрик»

NT06			NT08			NT10			NT12		NT16	
630			600			1000			1250		1600	
630			800			1000			1250		1600	
400 - 630			400 - 800			400 - 1000			630 - 1250		800 - 1600	
H1	H2	L1 (2)							H1	H2		
42	50	150							42	50		
42	50	130							42	50		
42	42	100							42	42		
42	42	25							42	42		
-	-	-							-	-		
100 %									100 %			
B	B	A							B	B		
42	36	10							42	36		
42	36	-							42	36		
24	20	-							24	20		
-	90	10 x In (3)							-	90		
88	105	330							88	105		
88	105	286							88	105		
88	88	220							88	88		
88	88	52							88	88		
-	-	-							-	-		
25	25	9							25	25		
< 50									< 50			
42	50	150							42	50		
42	50	100							42	50		
42	42	25							42	42		
HA									HA			
75									75			
75									75			
75									75			
-									-			
36									36			
36									36			
20									20			
36									36			
25												
12,5												
H1	H2	L1	H1	H2	L1	H1	H2	L1	H1	H2	H1	H2
630			800			1000			1250			
6	6	3	6	6	3	6	6	3	6	6	6	6
3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H1/H2/HA												
630			800			1000			1250		1800	
6			6			6			6		6	
3			3			3			3		3	
H1/H2/HA												
500			630			800			1000		1000	
≤ 250			250 - 335			335 - 450			450 - 560		450 - 560	
≤ 300			300 - 400			400 - 500			500 - 630		500 - 630	
6												

Общие характеристики NW08 — NW63

Количество полюсов 3; 4

Номинальное напряжение изоляции (В) U_i 1000; 1250

Номинальное импульсное напряжение, (кВ), U_{imp} 12

Номинальное рабочее напряжение, (В пер. тока 50/60 Гц), U_e 690; 1150

Возможность секционирования МЭК 60947-2. . . . .

Степень загрязнения среды по МЭК 60664-1 . . . . 4 (1000В); 3 (1250В)

Характеристики автоматических выключателей и выключателей нагрузки NW08 — NW63

Характеристики автоматических выключателей по NEMA AB1

[illegible] (кА)	240/480 В
[illegible] 50/60 Гц	600 В

Характеристики автоматических выключателей без защиты:

[illegible]ние независимым расцепителем по МЭК 60947-2

Тип автоматического выключателя		
[illegible] отключения (кА действ.) пер. ток 50/60 Гц	**Icu**	220...690 В
[illegible] ток отключения (кА действ.)	**Ics**	% Icu
[illegible] сквозной ток короткого замыкания (кА действ.)	**Icw**	1 s
		3 s
[illegible] от перегрузок и коротких замыканий		
[illegible] защитное реле: максимальная уставка времени защиты от короткого замыкания: 350 мс (4)		
[illegible] ток включения на к.з. (кА ударн.) пер. ток 50/60 Гц	**Icm**	220...690 В

Характеристики выключателей нагрузки МЭК 60947-3 и Приложение А

Тип выключателя нагрузки		
[illegible] ток включения на к.з. (кА ударн.)	**Icm**	220...690 В
[illegible] АС23А/АС3 пер. ток 50/60 Гц		1150 В
[illegible] сквозной ток короткого замыкания (кА действ.)	**Icw**	0,5 с
[illegible] АС23А/АС3 пер. ток 50/60 Гц		1 с
		3 с

Механическая и электрическая износостойкость по МЭК 60947-2/3 - In/Ie

[illegible]	Механическая	С профилактическим обслуживанием в процессе эксплуатации (см. Инструкцию по эксплуатации)		
[illegible] циклов В/О x 1000		Без профилактического обслуживания		
Тип автоматического выключателя				
[illegible] ток			**In (A)**	
[illegible] циклов В/О x 1000	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440 В (5)
[illegible] 47-2				690 В
				1150 В
Тип автоматического выключателя или выключателя нагрузки				
[illegible] рабочий ток			**Ie (A)**	**AC23A**
[illegible] циклов В/О x 1000	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440 В (5)
[illegible] 47-3				690 В
Тип автоматического выключателя или выключателя нагрузки				
[illegible] рабочий ток			**Ie (A)**	**AC3 (6)**
[illegible] двигателя				380/415 В (кВт)
				440 V (5) (кВт)
				690 В (кВт)
[illegible] циклов В/О x 1000	Электрическая	Без профилактического обслуживания		440/690 В (5)
[illegible] 47-3 Приложение М/МЭК 60947-4-1				

Функции и характеристики NW08 — NW63

Выбор датчиков

Ном. ток датчика (А)	250 (1)	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300
Регулировка порога Ir (А)	100 - 250	160 - 400	250 - 630	320 - 800	400 - 1000	500 - 1250	630 - 1600	800 - 2000	1000 - 2500	1250 - 3200	1600 - 4000	2000 - 5000	2500 - 6300

(1) По номинальному току NW02 обращайтесь в «Шнейдер Электрик»

NW08	NW10	NW12	NW16		NW20					NW25	NW32	NW40		NW40b	NW50	NW63
800	1000	1250	1600		2000					2500	3200	4000		4000	5000	6300
800	1000	1250	1600		2000					2500	3200	4000		4000	5000	6300
400 - 800	400 - 1000	630 - 1250	800 - 1800		1000 - 2000					1250 - 2500	1600 - 3200	2000 - 4000		2000 - 4000	2500 - 5000	3200 - 6300
N1	**H1**	**H2**	**L1 (2)**	**H10**	**H1**	**H2**	**H3**	**L1 (2)**	**H10**	**H1**	**H2**	**H3**	**H10**	**H1**	**H2**	
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150	
42	65	85	130	-	65	85	130	130	-	65	85	130	-	100	130	
42	65	85	100	-	65	85	100	100	-	65	85	100	-	100	100	
-	-	-	-	50	-	-	-	-	50	-	-	-	50	-	-	
100 %					100 %					100 %				100 %		
B					B					B				B		
42	65	85	30	50	65	85	65	30	50	65	85	65	50	100	100	
22	36	50	30	50	36	75	65	30	50	65	75	65	50	100	100	
Нет	Нет	190	80	Нет	Нет	190	150	80	Нет	Нет	190	150	Нет	Нет	270	
88	143	220	330	-	143	220	330	330	-	143	220	330	-	220	330	
88	143	187	286	-	143	187	286	286	-	143	187	286	-	220	286	
88	143	187	220	-	143	187	220	220	-	143	187	220	-	220	220	
-	-	-	-	105	-	-	-	-	105	-	-	-	105	-	-	
25	25	25	10	25	25	25	25	10	25	25	25	25	25	25	25	
< 70					< 70					< 70				< 80		
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150	
42	65	85	100	-	65	85	100	100	-	65	85	100	-	100	100	

	HA	**HF (3)**	**HA**	**HF (3)**	**HA**	**HF (3)**	**HA**
	50	85	50	85	55	85	85
100 %			100 %		100 %		100 %
	50	85	50	85	55	85	85
	36	50	36	75	55	75	85
	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
	105	187	105	187	121	187	187

NW08/NW10/NW12				NW16			NW20			NW25/NW32/NW40			NW40b/NW50/NW63
NA	**HA**	**HF**	**HA10**	**HA**	**HF**	**HA10**	**HA**	**HF**	**HA10**	**HA**	**HF**	**HA10**	**HA**
88	105	187	-	105	187	-	105	187	-	121	187	-	187
-	-	-	105	-	-	105	-	-	105	-	-	105	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	50	85	50	50	85	50	50	85	50	55	85	50	85
-	36	50	50	50	50	50	50	50	50	55	75	50	85

25				20						10	
12 5				10						5	
N1/H1/H2	**L1**	**H10**		**H1/H2**	**L1**	**H10**	**H1/H2**	**H3**	**H10**	**H1**	**H2**
800/1000/1250/1800				**2000**			**2500/3200/4000**			**4000b/5000/6300**	
10	3	-		8	3	-	5	1,25	-	1,5	1,5
10	3	-		6	3	-	2,5	1,25	-	1,5	1,5
-	-	0,5		-	-	0,5	-	-	0,5	-	-
H1/H2/NA/HA/HF				**H1/H2/H3/HA/HF**						**H1/H2/HA**	
800/1000/1250/1600				**2000**			**2500/3200/4000**			**4000b/5000/6300**	
10				8			5			1,5	
10				6			2,5			1,5	
H1/H2/HA/HF				**H1/H2/H3/HA/HF**							
800	**1000**	**1250**	**1600**	**2000**							
335 - 450	450 - 560	560 - 670	670 - 900	900 - 1150							
400 - 500	500 - 630	500 - 800	800 - 1000	1000 - 1300							
≤ 800	800 - 1000	1000 - 1250	1250 - 1600	1600 - 2000							
6											

Автоматические выключатели серии ВА-88 (Международная электротехническая компания «ИЭК»)

Автоматические выключатели серии ВА88 предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузке, недопустимых снижениях напряжения, а также для оперативных включений и отключений участков электрических цепей (не более 30 циклов в сутки) и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 400 В переменного тока частотой 50 Гц.

- Число полюсов — 3.
- Температура настройки расцепителей 40°С.
- Вид климатического исполнения УХЛЗ.
- Степень защиты:
- IP30 — оболочки выключателя;
- IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников.

Таблица 7.14

Технические характеристики автоматических выключателей серии ВА-88

Параметры	Значения параметров					
	ВА88-32	ВА88-33	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-43
Максимальный номинальный ток (установочный габарит) I_{nm}, А	125	160	250	400	800	1600
Номинальный ток теплового расцепителя, А	12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	125; 160; 200; 250	250; 315; 400	400; 500; 630; 800	800; 1000; 1250; 1600
Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя	500 А $10I_n$		$10I_n$	$10I_n$	$10I_n$	Регулируемый $(2\div12)I_n$
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, I_{cs}, кА	12,5	17,5	25	35	35	50
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, кА	25	35	35			
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} при $t \leq$ 0,25 с, кА	—	—	—	—	—	20

Параметры	Значения параметров					
	ВА88-32	ВА88-33	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-43
Механическая износостойкость циклов В–О, не менее	8500	7000	7000	4000	4000	2500
Электрическая износостойкость циклов В–О, не менее	1500	1000	1000	1000	1000	500
Режим работы	Продолжительный					
Срок службы, не менее, лет	15					
Габаритные размеры , мм						
ширина	101	120	140	184	280	280
высота	120	120	170	254	268	406
глубина	70	70	103,5	103,5	103,5	138,5
Масса, кг	1,2	4,1	5,1	9,6	17,2	20

Тепловые расцепители ВА88-33/35/37 имеют регулируемую уставку от 0,7 до 1 I_n. Электромагнитный расцепитель имеет фиксированный порог срабатывания 10 I_n.

Автоматический выключатель ВА88-43 обеспечивает защиту от перегрузки и короткого замыкания с помощью микропроцессорного расцепителя сверхтока, имеющего высокую надежность, точность срабатывания и независимость от температуры окружающего воздуха.

Требуется только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя.

Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работ защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одно фазе. Блок защиты включает в себя три или четыре (в зависимости от количества полюсов) транс форматора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и включает контакты сигнализации срабатывания расцепителя.

Действие механизма отключения может быть проверено подачей постоянного напряжения 12 В на гнезда «ТЕСТ».

Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной под ними мнемосхемы.

Область применения:

- Малые и средние электроустановки.
  - С малой установленной мощностью: жилые, общественные и административные здания.
- Средние электроустановки.
  - Со средней установленной мощностью или конечные потребители больших электроустановок, где допустимы перерывы в работе в случае повреждений.
- Большие электроустановки.
  - С недопустимыми перерывами в работе в случае повреждений: процессы, в которых остановка повлечет опасность для людей или большие убытки.

Автоматические выключатели типа ВА04-36, ВА06-36 (ОАО «Контактор», г. Ульяновск).

Выключатели предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках, а также для нечастых (до 6 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц и 220В постоянного тока.

Допускается использование выключателей для нечастых прямых пусков асинхронных электродвигателей.

Выключатели работают в следующих условиях:

Высота над уровнем моря — до 4 300 м. Значения номинального тока выключателей при эксплуатации на высоте 2 000…4 300 м:

Высота над уровнем моря, м	2000	3000	4300
Расчетное значение тока, А	386	378	370

Температура окружающего воздуха и относительная влажность в зависимости от исполнения выключателей и категории размещения:

Исполнение выключателей	Категория размещения	Температура воздуха при эксплуатации, °С		Относительная влажность (верхнее значение)
		нижнее значение	верхнее значение	
УХЛ Т	3	–50	+40	98% при 25°С
	3	–10	+45	98% при 35°С

Допускается эксплуатация выключателей при температуре окружающего воздуха 55°С.

Таблица 7.15

Технические характеристики автоматических выключателей типа ВА04-36

Тип	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$ главной цепи	Число полюсов	Номинальные токи тепловых максимальных расцепителей тока, А*	Уставки по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании, А в цепи: переменного тока	постоянного тока	Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании для исполнения выключателя без тепловых расцепителей тока, А в цепи: переменного тока	постоянного тока	Предельная коммутационная способность, кА. Действующее значение цепи переменного тока при напряжении и коэффициенте мощности: 380 В	cosφ	660 В	cosφ	при напряжении 220 В постоянного тока и постоянной времени не более 0,01 с	Общее количество циклов ВО: с ручным приводом	с электромагнитным приводом	Количество циклов ВО под нагрузкой: 380 В	660 В	Исполнение выключателя по способу установки
ВА04-36	80	до 660 В переменного тока частотой 50; 60 Гц; до 220 В постоянного тока	2 и 3	16; 20	250	800; 800; 1000; 1000, 1250; 1500	250	250	3	0,8	3	0,8	8	16000	10000	6000		стационарное, выдвижное, врубное
							300	300										
							400	400										
							500	5(X)										
							630	630										
	250			25; 31,5	300; 400		750; 1000; 1250; 1500; 2500; 3000	800; 1000; 1250; 1500					—					
				40; 50; 63	750				6	0,7	4	0,8	—					
				80	1000				18	0,3	10	0,5	35; 25					
				100	1250													
				125	1500													
				160	2000													
				200	2500													
				250	3000													
	400			320	3200	2000	3200	2000	20	0,3	10	0,5	40	10000		4000	2000	стационарное
				400	4000	2500	4000	2500	15				30					

* Для выключателей с тепловыми максимальными расцепителями тока номинальный ток выключателя определяется номинальным током теплового максимального рас ценителя тока, для выключателей без тепловых максимальных расцепителей тока номинальный ток выключателя равен 80, 250, 410 А.

1) О–П–ВО–П–ВО (два цикла с паузой 15 мин. между ними);
2) О–П–ВО, П-пауза, которая равна 180 с;
3) В числителе О–П–ВО, в знаменателе О-П-ВО-П-ВО, П-пауза 180 с.

Таблица 7.16

Технические характеристики автоматических выключателей типа ВА06-36

Тип	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$ главной цепи	Число полюсов	Номинальные токи тепловых максимальных расцепителей iv-лен тока. А*	Уставки по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании, А в цепи: переменного тока	Уставки по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании, А в цепи: постоянного тока	Уставка по току срабатывания электромагнитных максимальных расцепителей тока при коротком замыкании для исполнения выключателя без тепловых расцепителей тока, А в цепи: переменного тока	Уставка по току срабатывания … , А в цепи: постоянного тока	Предельная коммутационная способность, кА. Действующее значение цепи переменного тока при напряжении и коэффициенте мощности: 380 В	cosφ	660 В	cosφ	при напряжении 220 В постоянного тока и постоянной времени не более 0,01 с	Общее количество циклов ВО: с ручным приводом	с электромагнитным приводом	Количество циклов ВО под нагрузкой: 380 В	660 В	Исполнение выключателя по способу установки
ВА06-36	80	до 660 В переменного тока частотой 50; 60 Гц, до 220 В постоянного тока	2 и 3	—	—	—	250	250	32>	0,8	32>	0,8	8	16000	10000	6000		стационарное, выдвижное, врубное
							300	300										
							400	400										
							500	5(X)										
							630	630										
	250			16	250	—	750; 1000; 1250; 1500; 2000	800; 1000; 1250; 1500	32	0,8	3	0,8	—					
				20														
				25; 31,5	300; 400													
				40	750				6	0,7	4	0,8	—					
				50														
				63														
				80; 100; 125; 160 200; 250	1000; 1250; 1500; 20000	800; 1000; 1250; 1500			25	0,25	10	0,5	40					

* Расцепителя тока, для выключателей без тепловых максимальных расцепителей тока номинальный ток выключателя равен 80,250 А.
1) О-П-ВО, П-пауза, которая равна 180с;
2) О-П-ВО-П-ВО (2 цикла с паузой 15 мин. между ними).

Модульные автоматические выключатели (Группа предприятий «Электроаппарат», г. Курск)

1. Модульные *автоматические выключатели серии ВМ 40* предназначены для применения в электрических цепях с напряжением до 400В переменного тока частоты 50 Гц, их защиты при перегрузках и коротких замыканиях, проведения тока в нормальном режиме и оперативных включений и отключений (до 30 раз в сутки) указанных цепей.

Выключатели предназначены для эксплуатации в электроустановках промышленного назначения, а также для защиты электроустановок зданий и аналогичных объектов, где обслуживание осуществляется обученным персоналом.

Таблица 7.17.

Технические характеристики автоматических выключателей ВМ 40

Число полюсов	1
Установка расцепителя тока короткого замыкания	$4I_n$ (тип L) $8I_n$ (тип G)
Номинальное рабочее напряжение U_e, В, в цепи переменного тока	230 230 400
Номинальные токи I_n, А	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 1 3; 1 6; 20; 25; 32; 40; 50; 63
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}, А	6000 — для выключателей на номинальный ток до 32А 4000 — для выключателей на номинальные токи 40, 50, 63А
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}	0,75 I_{cu}
Потребляемая мощность на полюс, Вт	от 3 до 13 в зависимости от номинального тока
Сечение подключаемых проводников, мм^2	1,5 ... 25
Диапазон рабочих температур,°С	–60 ... +40
Масса, кг	0,255; 0,125; 0,380
Срок службы, лет	10
Износостойкость	механическая — 8500 циклов; коммутационная — 1500 циклов

Допускается применять двухполюсные выключатели в цепях постоянного тока напряжением 110 В. При этом номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs} — 1500 А.

2. Выключатели типа АЕ2060М1 предназначены для применения в электрических цепях переменного тока частоты 50, 60 Гц напряжением до 400 В с рабочими токами до 160 А для защиты от перегрузок и коротких замыканий, для нечастых оперативных включений и отключений линий.

Типоисполнения выключателей

Тип выключателя	Максимальные расцепители, кол-во		Независимый расцепитель	Вспомогательные контакты, количество	
	тока короткого замыкания (электромагнитный)	тока перегрузки (тепловой)		зам.	разм.
АЕ2066М1-100	3	3	—	—	
АЕ2066М 1-200				1	—
АЕ2066М1-300				—	1
АЕ2066М 1-400				1	
АЕ2066М1-120	2*		+	—	
АЕ2066М 1-320			—		1
АЕ2063М1-100	3	—		—	—
АЕ2063М 1-200				1	
АЕ2063М 1-300				—	1
АЕ2063М 1-400				1	
АЕ2063М1-120			+	—	—
АЕ2063М1-320				—	1

Примечание:
+ — наличие соответствующих расцепителей;
– — их отсутствие;
* — в левом полюсе (1-2) на месте электромагнитного расцепителя установлен независимый расцепитель.

Условия эксплуатации:
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- температура окружающего воздуха от –40 до 60°С;
- степень загрязнения среды 3.

Выключатели удовлетворяют требованиям сейсмической стойкости при интенсивности землетрясения 9 баллов по МСК-84 на уровне установки до 70 м над нулевой отметкой, а для изделий систем атомных станций до 8 баллов.

Выключатели не чувствительны к электромагнитным помехам и предназначены для применения в условиях окружающей среды группы 2.

Рабочее положение выключателей в пространстве — на вертикальной плоскости знаком «I» (включено) — вверх; возможен поворот вправо или влево на 90°.

Степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями (IP00 для выводных зажимов; IP20 — для оболочки выключателя):

Номинальное рабочее напряжение (U_e), В 400
Минимальное рабочее напряжение, В 24
Номинальная частота. Гц 50; 60
Номинальные токи (I_n), А. 125; 160
Номинальный режим эксплуатации продолжительный
Уставки расцепителей тока короткого замыкания I/I_n 5; 10

Номинальное импульсное
выдерживаемое напряжение (U_{imp}), кВ 6
– Износостойкость выключателей не менее, циклов включено-отключено (СО);
– общая 8000
– коммутационная, при номинальном токе 1000
– механическая в том числе для выключателей с независимым расцепителем 700
– циклов отключения под воздействием независимого расцепителя . . . . (800)

Характеристики в условиях короткого замыкания:
– номинальная наибольшая включающая способность (I_{cm}), кА 24
– номинальная предельная наибольшая отключающая
– способность при номинальном напряжении 400 В (I_{cu}), кА 12
– номинальная рабочая наибольшая отключающая
– способность при номинальном напряжении 400 В (I_{cs}), кА 9

Характеристики максимальных расцепителей тока :

Расцепители тока короткого замыкания — электромагнитные мгновенного действия, при нагрузке любых двух полюсов:
– при 0,8 токовой уставки не вызывают размыкание выключателя в течение. . . . . 0,2 с
– при 1,2 токовой уставки обеспечивают размыкание выключателя в течение. . . . . 0,2 с
– при нагрузке каждого полюса отдельно током 1,4 токовой уставки обеспечивают размыкание выключателя в течение . . . . 0,2 с

3. *Трехполюсные автоматические выключатели типа ВД125* предназначены для применения в электрических цепях переменного тока частоты 50, 60 Гц напряжением до 400 В с рабочими токами до 125 А для защиты от перегрузок и коротких замыканий (в том числе электродвигателей), для нечастых оперативных включений и отключений (до 30 в сутки) указанных цепей. Способы установки: на панели или при помощи адаптера на DIN-рейке 35 мм.

При правильно выполненной системе заземления выключатели предотвращают поражение человека электрическим током при косвенных прикосновениях.

Выключатели имеют степень защиты — IP20.

Корпус выключателя выполнен из пластмассы, не поддерживающей горения. Высокая стабильность защитных характеристик обеспечивается применением термобиметалла шведской фирмы KANTHAL.

Токовые уставки расцепителей максимального тока (электромагнитных расцепителей):

- Номинальный ток I_n, А 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125.
- Уставка, А 600; 600; 800; 1000; 1000; 1000; 1200; 1200.

Расцепители перегрузки (биметаллические расцепители) при номинальном токе до 63 А в течение 1 часа и при номинальном токе свыше 63 А в течение 2 часов не срабатывают при токе 1,05 I_n и срабатывают при токе 1,30 I_n

Технические характеристики

Номинальное рабочее напряжение, В (Гц) 400 (50–60)
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ 6
Номинальные токи (I_n) расцепителей
выключателей, А 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63, 80; 100; 125
Номинальный режим эксплуатации . . . . продолжительный
Номинальная наибольшая включающая способность (I_{cm}), кА 36
Предельная коммутационная
способность (I_{cu}), кА 25
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (I_{cs}), кА 10
Износостойкость:
– общая (механических циклов) 8500
– коммутационная (электрических циклов) 4500
Номинальные напряжения обмоток независимого
расцепителя, В(Гц) 36; 110; 230; 400 (50–60) 48;
110; 220 В постоянного тока
Категория применения вспомогательных контактов AC15
Сечение подключаемых проводников, мм^2. 1,5...50
(без кабельных наконечников)
Диапазон рабочих температур, °С . . . . от –60 до +40
Выключатели допускают работу на высоте над уровнем моря, м . . . . . . до 2000
Рабочее положение выключателей в пространстве . . . . вертикальное,
знаком «I» (включено) — вверх
Выключатели допускают повороты в плоскости установки до 90° в любую сторону
Срок службы выключателей, лет 10
Климатическое исполнение УХЛ3
Габариты, мм:. . . . . 120×75×82
Масса, кг:
– выключателя (без адаптера) 0,8
– адаптера 0,07

Выключатель имеет: независимый расцепитель, кнопку тестирования МСР, регулируемую уставку расцепителя перегрузок и возможность монтажа на DIN-рейку 35 мм.

4. *Трехполюсные автоматические выключатели типа ВА57-35* предназначены для проведения тока в номинальном режиме в электросетях напряжением 400 / 690В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, их защиты от токов короткого замыкания и перегрузки, а также для нечастых оперативных включений и отключении с частотой до 30 циклов ВО в сутки.

Технические характеристики выключателей

Номинальное рабочее напряжение, В(Гц) . . . . 400 / 690 (50 и 60)
Номинальные токи (I_n) расцепителей
выключателей, А 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Уставка электромагнитного расцепителя, А 500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu}):

Номинальный ток расцепителя, А		63	80	100	125	160	200	250
I_{cu}, кА	при U = 400 В	15	25	30	35		40	
	при U = 690 В	12	15			18		

Износостойкость: общая (механических циклов) 16 000
коммутационная (электрических циклов). 4 000
Срок службы выключателей, лет, не менее 10
Диапазон рабочих температур
окружающей среды, °С . . . . от –60 до +40 до 2000
Выключатели допускают работу на высоте над уровнем моря, м . . . . . . до 2000
Габариты, мм. . . . . 174,5×112×130
Масса выключателя, кг 2,5

Внутри корпуса выключателя могут быть установлены дополнительные сборочные единицы — независимый расцепитель (НР), расцепитель минимального напряжения (PMIN), расцепитель нулевого напряжения (Р0), свободные контакты (СК), вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения (ВКС).

Независимый электромагнитный расцепитель обеспечивает отключение включенного выключателя при подаче на выводы катушки расцепителя напряжения постоянного или переменного тока. Шкала номинальных напряжений: 127; 230; 400 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц и 24; 110; 220 В постоянного тока.

Расцепитель нулевого напряжения обеспечивает отключение без выдержки времени включенного выключателя при снижении напряжения сети до 10…35% от номинального значения; не производит отключения включенного выключателя при напряжении сети выше 55% от номинального; не препятствует включению выключателя при напряжении сети 85% от номинального и выше; препятствует включению выключателя при напряжении сети 10% от номинального и ниже.

Расцепитель минимального напряжения обеспечивает отключение без выдержки времени включенного выключателя при снижении напряжения сети до 35…70% от номинального значения; не производит отключения включенного выключателя при напряжении сети выше 70% от номинального; не препятствует включению выключателя при напряжении сети 85% от номинального и выше; препятствует включению выключателя при напряжении сети 35% от номинального и ниже.

Свободные контакты (два замыкающих и два размыкающих контакта с двойным разрывом) предназначены для коммутации цепей управления переменного и постоянного тока.

Вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения (микропереключатель МП10) связаны с механизмом сво-

бодного расцепления и не изменяют своего коммутационного состояния при оперативных коммутациях. Внешние проводники от дополнительных сборочных единиц (гибкие медные, сечением 0,35 ... 1,5 мм ^{2}) выводятся в одной или нескольких изоляционных трубках. Длина выведенных проводников — 800÷100 мм.

Характеристика электромагнитных расцепителей:

- При 0,8 токовой уставки расцепители не вызывают размыкание выключателя в течение 0,1 с, а при 1,2 токовой уставки обеспечивают размыкание выключателя в течение 0,04 с.

Характеристика тепловых расцепителей:

- При температуре окружающей среды 20°С и токе 1,05 I_n расцепители не вызывают размыкания выключателя в течение 1 ч (в выключателе с расцепителем на 63 А) и в течение 2 ч (в выключателях с расцепителями на токи свыше 63 А), а при токе $1{,}3I_n$ обеспечивают размыкание выключателя в течение 1 ч и 2 ч соответственно.
- Корпус выключателя выполнен из ударо- и дугостойкой пластмассы, контактная система — из специально подобранной серебросодержащей металлокерамической композиции. Стабильность защитных характеристик обеспечивается аналогично выключателю ВД125.

Выключатели автоматические (ОАО «Дивногорский завод низковольтных автоматов»

Выключатели типа ВА61 -31 предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключении тока при коротких замыканиях и перегрузках, а также до 30 оперативных включений и отключений электрических цепей в сутки и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 220/380 В переменного тока частоты 50, 60 Гц и постоянного тока до 220 В.

Выключатели типа ВА61-31 предназначены для эксплуатации в электроустановках промышленного и бытового назначения.

Условия эксплуатации:

- категория применения — А;
- рабочее положение выключателя в пространстве на вертикальной плоскости с возможностью поворота от вертикального положения в указанной плоскости на 90°±10° в обе стороны;
- высота над уровнем моря до 2000 м;
- виды климатических исполнений выключателя УХЛЗ и ТЗ;
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями:

- IP20 — оболочки выключателя;
- IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников;
- IP20 — зажимов для присоединения внешних проводников для выключателя с козырьками;
- класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током — 0;
- пожарная безопасность выключателей, характеризуемая показателем вероятности возникновения пожара, составляет не более 10^{-6} в год;

– гарантийный срок эксплуатации 3 года со дня ввода выключателей в эксплуатацию.

Технические характеристики выключателя ВА61-31

Номинальный ток выключателя I_n, А 125
Номинальное рабочее напряжение главной цепи
50; 60 Гц . . . . ~220/380; =220
Износостойкость выключателя
– общая. 12500
– коммутационная 8000
Количество циклов ВО под действием
максимальных расцепителей тока. 200

Таблица 7.19.

Типы расцепителей и область применения автоматов ВА61-31

Тип	Область применения	
Бытовые	Тип B	для защиты электрических сетей административных и жилых зданий
	Тип C	для защиты электрических сетей административных и жилых зданий в качестве вводного выключателя и для потребителей с большими пусковыми токами
	Тип D	аналогично C, но с ещё большими пусковыми импульсами тока, например, трансформаторы или электродвигатели
Промышленные	Тип Z	для защиты измерительных цепей, цепей управления и других сетей с высоким сопротивлением
	Тип L	для защиты промышленных электрических сетей
	Тип K	для защиты промышленных электрических сетей, электродвигателей, ламп

Таблица 7.20.

Характеристики расцепителей и коммутационные возможности ВА61-31

Тип выключателя		ВА61-31		ВА61-31
Номинальный ток I_n,А при контрольной температуре	40°C	50; 63; 80	100; 125	—
	30°C	—		50; 63; 80; 100; 125
Номинальное рабочее напряжение U_e, В		~220/380 50, 60 Гц	=220	

Окончание таблицы 7.20

Тип выключателя	ВА61-31		ВА61-31
Защита от токов перегрузки	1,05–1,3 $I_п$		1,13-1,45$I_п$
Защита от токов короткого замыкания, уставки по току	K(12$I_п$); L(8$I_п$); Z(4$I_п$)		D(10–20$I_п$); C(5–10$I_п$); B (3-5 $I_п$)
Наибольшая предельная отключающая способность I_{cn} (I_{cu}), кА	10	25	10
Наибольшая рабочая отключающая способность I_{cs}% I_{cn} (I_{cu})	100%		

7.2 Автоматические выключатели серии А3700Ф, Б, БР

Выключатели А3710Б могут поставляться на АЭС. Условное обозначение выключателей выдвижного исполнения, предназначенных для поставки на АЭС — «БЭ».

Условия эксплуатации (Выключатели А3710 Ф,А37105):

- категория применения —А, В — для выключателей А371Х БС;
- рабочее положение выключателя в пространстве на вертикальной плоскости с возможностью поворота от вертикального положения в указанной плоскости на 90°±10° в обе стороны;
- высота над уровнем моря до 1000 м, допускается использование на высоте 2000 м со снижением токовой нагрузки на 10%;
- виды климатических исполнений выключателя У3, ХЛ3 и Т3,
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями:
  - IP20 — оболочки выключателя;
  - IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников;
  - класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током — 0;
  - пожарная безопасность выключателей, характеризующаяся показателем вероятности возникновения пожара в выключателях (связанным с возможным возгоранием аппаратов) составляет не более 10–6 в год;
- Гарантийный срок эксплуатации: А3700 Б,Ф — 2,5 года; А3700 БР — 2 года со дня ввода выключателей в эксплуатацию.

Таблица 7.21

Износостойкость выключателей

Параметры		А3710Ф	А3710Б	А3700БР
Номинальный ток выключателя $I_п$, А		160		
Номинальное рабочее напряжение главной цепи, В	50; 60 Гц	380	660	
	400, Гц	—	380	—
	пост	220	440	

Параметры		А3710Ф	А3710Б	А3700БР
Износостойкость выключателя	общее количество циклов В–О	16000		
Износостойкость выключателя	количество циклов В–О под нагрузкой	10000		
Количество циклов В–О под действием максимальных расцепителей тока	200			

Автоматические выключатели (ОАО «Ново-Вятка», г. Киров)

Выключатели серии ВА09-33, ВА52-XX предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках, а также для нечастых включений и отключений (до 30 раз в сутки) электрических цепей. Выключатели рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 440В постоянного тока и до 660В переменного тока частоты 50 и 60 Гц. Допускается использовать выключатели для нечастых прямых пусков и защиты асинхронных электродвигателей в категории применения АС3.

Условия эксплуатации:

- нормальное рабочее положение выключателей стационарного исполнения в пространстве на вертикальной плоскости (выводами 1,3,5 вверх) с возможностью поворота от этого положения в указанной плоскости на 90° в обе стороны. Допустимые отклонения от рабочего положения ±5°
- место установки выключателя, защищенное от попадания воды, масла, эмульсии и т. п. ;
- высота над уровнем моря для ВА52-XX до 4300 м, для ВА09-33 до 2000 м;
- класс защиты выключателя по способу защиты человека от поражения электрическим током 0;
- пожарная безопасность выключателей, характеризующаяся показателем вероятности возникновения пожара в выключателях (связанным с возможным возгоранием аппаратов), составляет не более 10–6 в год;
- виды климатических исполнений выключателей УХЛ3; УХЛ3.1; Т3;
- температура окружающего воздуха при эксплуатации: ВА52-XX от –50°С до +55°С; ВА09-33 от –60°С до +55°С;
- степень защиты от воздействия окружающей среды и от соприкосновения с токоведущими частями : IP20 — оболочки выключателя; IP00 — зажимов для присоединения внешних проводников.

Таблица 7.22

Технические характеристики выключателей ВА09 и ВА52

Параметры		ВА09-33	ВА52-37	ВА52-38
Номинальный ток выключателя, А		160	400	500
Номинальное напряжение главной цепи В	50, 60 Гц	660		
	постоянный	220	440	
Номинальный ток теплового расцепителя, А		40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	160,250, 320, 400	500
Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А	50, 60 Гц	800, 1200, 1900	1600,2500, 3200, 4000	4000
	постоянный	800, 1000	2500, 2600	3000
Предельная коммутационная способность, кА/cosφ	380В	60/0,2	35/0,25	25/0,25
	660В	6/0,3	20/0,3	20/0,3
	постоянный	60	85	80
Износостойкость выключателя	Общее количество циклов В–О	16000		
	Количество циклов ВО под нагрузкой	10000	2000	
Количество циклов ВО под действием максимальных расцепителей тока		25		
Количество циклов ВО в режиме АСЗ при напряжении 380 В	4000	6300		

Таблица 7.23

Значения номинальных токов выключателей ВА52-ХХ при эксплуатации на высоте

Номинальный ток расцепителя, А	Расчетное значение тока на высоте над уровнем моря, м		
	2000	3000	4300
160	154	151	148
250	241	236	231
320	309	302	296
400	386	378	370
500	483	475	463

Автоматические выключатели DDI для бытового применения (компаниия «Шнейдер Электрик»)

Серия автоматов DDI на токи от 10 до 63А, однофазных (1 фаза + нейтраль) и трехфазных (3 фазы + нейтраль), без или с дифференциальной защитой (30мА, 300мА) предначена для низковольтного подключения абонентов.

Простое обслуживание:

- надежное функционирование во всех положениях;
- включение/отключение с помощью кнопок;
- тестовая кнопка может быть использована без отсоединения автомата;

– простое изменение уставки.

Преимущества:

– несколько уставок номинального тока;

– температурная компенсация;

– несколько уровней чувствительности дифференциальной защиты;

– предотвращение перенапряжений;

– защита от нежелательного отключения;

– соответствие международным стандартам CEE27, EN 60898 и I EC1009.

Отключение с индикацией положения:

– видимое положение контактов.

Простое подключение:

– поворачивающиеся клеммы с оптимальным зажатием медных кабелей сечением до 35мм^2;

– обозначение клеммы нейтрали голубым цветом;

– невыпадающие клеммные винты;

– защитная клеммная крышка с возможностью пломбирования.

Время отключения дифференциальной защитой:

– < 0.3 с для дифференциального тока $I_{\Delta n}$;

– < 0.15с для дифференциального тока $2I_{\Delta n}$.

Ток отключения дифференциальной защиты *I*:

– 30мА или 300мА, без дополнительного источника питания.

- Рабочая температура от –5°С до +40°С.
- Сопротивление изоляции более 2МОм

Диэлектрическая прочность:

– 2000В переменного тока в течение 1 мин.

Установка защиты:

– мгновенное отключение магнитным расцепителем при 10 I_n

- Подключение — сечение до 35мм^2.
- Степень защиты IP40.

Коррозионная прочность:

- 28 дней во влажной камере

Таблица выбора

Тип	Ном. ток (А)	Ток уставки (А)	Ном. напряжение (В)	Отключ. способность (кА) согласно 1ЕС1009 и 898	Ориент. вес (кг)	Размер	Уставка диф. защиты (мА)	Номер
2-полюс.; (1 фаза + нейтр.)	32	10/16/20/25/32	230	4,5	0,6	A (210×70×70)	без д/з	232 000 4 2
							30	232 030 4 2
							300	232 300 4 2
	63	32/40/50/63			0,8		без д/з	263 000 4 2
							30	263 030 4 2
							300	263 300 4 2
4-полюс.; (3 фазы + нейтр.)	32	10/16/20/25/32	400		1,0	B (210×105×70)	без д/з	432 000 4 2
							30	432 030 4 2
							300	432 300 4 2
	63	32/40/50/63					без д/з	463 000 4 2
							300	463 300 4 2

OPUS представляет собой гамму современных низковольтных выключателей, разъединителей и выключателей-разъединителей в комбинации с предохранителями Merlin Gerin, предназначенную для коммутации трехфазных электрических цепей переменного тока до 1000 В и защиты от коротких замыканий и перегрузки.

Основными преимуществами этой гаммы устройств являются защищённость действий персонала и возможность совершенствования эксплуатационной безопасности. Использование гаммы OPUS гарантирует коммутацию аппаратов под нагрузкой и безопасную замену предохранителей. Гамма OPUS предполагает возможность использования плавких предохранителей отечественного производства.

Устройства OPUS могут применяться в качестве:

- аппаратов защиты в распределительных шкафах низкого напряжения трансформаторных подстанций;
- аппаратов защиты питающих или отходящих кабельных линий;
- выключателей нагрузки, главных рубильников.

OPUS включает три группы устройств защиты и коммутации цепей, имеет три основных функции:

- защита от перегрузок,
- защита от коротких замыканий,
- коммутирование цепей под нагрузкой.

Благодаря наличию видимого разрыва, дугогасительных камер и изолированной рукоятки гарантируется безопасность обслуживающего персонала. В результате этого обеспечивается множество вариантов использования данного оборудования в распределительных сетях низкого напряжения. В гамму OPUS также входят разъединители и выключатели нагрузки, рассчитанные на токи до 3200 А.

В аппаратах OPUS Excel (степень защиты — до IP2X) используется выключатель с механическим пружинным приводом. Выключатель-съёмник входит в зацепление поочерёдно с каждым пластмассовым держателем предохранителя.

За счёт полной блокировки и пружинного привода обеспечивается правильное срабатывание, не зависящее от оператора или скорости перемещения рукоятки.

С помощью этого механизма пластмассовый держатель предохранителя устанавливается в положение «вкл.» или «выкл.».

Легко обеспечивается дистанционный контроль за положением «включено» и «отключено» отходящих цепей.

Устройство OPUS Excel рассчитано на номинальный ток 400 А и 630 А и подсоединяется с помощью надёжных лужёных медных выводов.

В аппаратах OPUS Plus плавкая вставка полностью экранирована в пластмассовом держателе. С помощью рукояток можно вручную переключать пластмассовые держатели предохранителей в положение «вкл.» или «выкл.». Параллельные коммутирующие контакты с дугогасительными решётками обеспечивают быстрое размыкание и замыкание цепи.

Обеспечивается защита от контакта с токоведущими частями, находящимися под напряжением, когда оборудование находится в положении «вкл.» или «выкл.» или в промежуточном положении.

Устройство OPUS Plus рассчитано на номинальные токи 400 А и 630 А с возможностью однофазной или трёхфазной коммутации. К устройству могут присоединяться кабели сечением до 300 мм^2. Возможна подводка кабеля сверху или снизу либо, в случае необходимости, слева или справа.

OPUS Intra представляет собой держатель для плавких предохранителей, отлитый из долговечного жаропрочного материала. Устройство имеет металлическое основание под контакты предохранителя и снабжено лужёными медными выводами. За счет дополнительного кожуха, закрывающего основание плавких предохранителей устройства OPUS Intra, обеспечивается степень защиты IP2X от контакта, когда плавкие вставки не установлены или когда используются плавкие предохранители с изолированными контактами.

Устройство OPUS Intra рассчитано на номинальный ток 400 А и 630 А. Плавкие вставки вставляются с помощью специального держателя для предохранителей.

Оборудование соответствует международным стандартам МЭК 60529, МЭК 60269/2/1, МЭК 60947/3, МЭК 60408, МЭК60439/1.

Минимальная степень защиты — IP2X для OPUS Plus и Excel и для держателей предохранителей OPUS Intra, в случае, когда плавкие вставки не используются.

Разработка, изготовление и сборка в соответствии со стандартом ISO 9001:2000.

Правила защиты окружающей среды на производстве установлены в соответствии со стандартом ISO 14001.

Технические характеристики гаммы изделий OPUS

Основания и держатели предохранителей OPUS (в соответствии со стандартом МЭК 60439-1)				
Характеристики	OPUS FB		OPUS FR	
Ном. напряжение изоляции, В	690			
Номинальный ток, А	400	630	400	630
Ток короткого замыкания, кА	50			
Ном. импульсное напряжение, кВ	8			
Степень защиты от поражения электрическим током (в соответствии со стандартом МЭК 60529)	IP00		IP2X	
Ном. частота, Гц	50			

Opus Excel (в соответствии со стандартом МЭК 60947-3)		
Характеристики	Opus Excel	
Ном. напряжение изоляции, В	690	
Номинальный ток, А	400	630
Ном. импульсное напряжение, кВ	8	
Кратковременный выдерживаемый ток (за 1 с), кА	10	
Ток короткого замыкания, кА	50	
Степень защиты (по МЭК60529)	IP2X	
Ном. частота	50	

Тип плавкой вставки HRC – DIN 43620/МЭК 60269-2-1.
Аналог в России ПН-2.

7.3. Контакторы

Контактор является коммутационным аппаратом, предназначенным для частых коммутаций электрических цепей при номинальных режимах работы.

Контакторы переменного тока в основном применяют для управления асинхронными двигателями (АД), работающими в разных режимах, включения трехфазных трансформаторов и т. д.

Контактор в комплекте с тепловым реле образуют коммутационный аппарат управления — магнитный пускатель (см. главу 7.4).

Магнитные пускатели применяют для дистанционного управления трехфазными АД с короткозамкнутым ротором. Пускатели осуществляют пуск и останов электродвигателей (нереверсивные пускатели); пуск, останов и реверс электродвигателей (реверсивные пускатели); защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности. Выпускаемые нашей промышленностью контакторы и пускатели имеют определенную область применения. Так, например, для включения и отключения АД с короткозамкнутым ротором применяют контакторы серии КМ13, КТ12Р, пускатели ПМЕ, ПМА, ПМЛ и др.

Кроме того, контакторы и пускатели имеют определенные климатические исполнения и, следовательно, могут надежно работать в условиях, соответствующих этим исполнениям.

Контакторы вакуумные типа КВТ (ФГУП «НПП «Контакт», г. Саратов)

1. *Вакуумные контакторы низковольтные серии КВТ-1.14* общепромышленного назначения открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, встраиваемые в комплектные устройства, предназначены для частых коммутаций электрических цепей переменного тока частотой 50 Гц с напряжением до 1140 В.

Контакторы встраивают в комплектные устройства электроустановок для включения и отключения приемников электрической энергии. Вакуумные контакторы характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Конструктивно контакторы выпускают в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях с напряжением цепи управления как переменного тока, так и универсальные: переменного и постоянного тока.

Таблица 7.23

Технические характеристики вакуумных контакторов серии КВТ-1.14

Параметры	Значения параметров		
	КВТ-1.14-2,5/160УЗ	**КВТ-1.14-2,5/250 УЗ**	**КВТ-1.14-4/400 УЗ**
Номинальное напряженис, В	380; 660; 1140		
Номинальный ток, А	160	250	400
Ток отключения, кА	2,5	2,5	3,5
Собственное время включения, с, не более	0,06		
Собственное время отключения, с, не более	0,14		
Номинальное напряжение цепи управления, В:			
пост. и перем тока	110	220	220
перем.тока	110	220	380
Ток электромагнита при включении (средний), А, не более	6	3	2,5
Мощность потребления при удержании во включенном положении, Вт, не более:			
пост.и перем. тока	24		
перем. тока	15		
Номинальный ток вспомогательных контактов, А	10		
Коммутируемые токи вспомогательных контактов *U*, В			
перем. ток, А	400; 220; 110; 24;12		
пост. ток, А	4,5; 3,5; 2,8; 1,6; 1,5; 1,0; 0,5; 0,12; 0,06; 0,03		
Диапазон рабочих температур окруж. среды, °С	+55 / –60		
Ресурс по механической стойкости, циклов В–О	1600000		
Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В–О: АС4 / АС-3	500000 / 1600000		
Масса, кг, не более	6,5		
Сквозные токи (термической стойкости), А:			
в течение 1 полуволны (амплитудное)	10000	10000	12000
в течение 0,2 с (действующее)	6000	6000	7000
в течение 10 с	1300	2000	3200

Контакторы предназначены для работы в следующих режимах:
- продолжительном;
- прерывисто-продолжительном;
- кратковременном;
- повторно-кратковременном.

2. *Вакуумные контакторы низковольтные КВТ2-1.14* общепромышленного назначения открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, встраиваемые в комплектные устройства, предназначены для частых коммутаций электрических цепей переменного тока частотой 50 Гц с напряжением до 1140 В. Контакторы встраиваются в комплектные устройства электроустановок для включения и отключения приемников электрической энергии.

Вакуумные контакторы характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой.

Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Конструктивно контакторы выпускаются в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях с напряжением цепи управления как переменного тока, так и универсальные: постоянного и переменного тока.

Таблица 7.24

Технические характеристики вакуумных контакторов КВТ2.14

Параметры	Значения параметров	
	КВТ2-1.14-5/630 УХЛ2	КВТ2-1.14-6,3/1000 УХЛ2
Номинальное напряжение, В	380, 660, 1140	380, 660, 1140
Номинальный ток, А	630	1000
Ток отключения, кА	5	6,3
Собственное время включения, с, не более	0,08	
Собственное время отключения, с, не более	016	
Номинальное напряжение цепи управления, В:		
перем. тока	110; 220; 380	
пост. и перем. тока	110; 220	
Ток электромагнита при включении (средний), А, не более	6; 3; 2,5	
Мощность потребления при удержании во включенном положении, Вт, не более:		
пост. и перем. тока	30	
перем. тока	15	
Номинальный ток вспомогательных контактов, А	10	
Коммутируемые токи вспомогательных контактов — U, В	12; 24; 110; 220; 440	

Параметры		Значения параметров	
		КВТ2-1.14-5/630 УХЛ2	КВТ2-1.14-6,3/1000 УХЛ2
Коммутируемые токи вспомогательных контактов	перем. ток, А	4,5; 3,5; 2,8; 1,6; 0,5	
	пост. ток, А	1,0; 0,5; 0,12; 0,06; 0,03	
Диапазон рабочих температур окруж. среды, °С		+50 / –60	
Ресурс по механической стойкости, циклов В–О		500000	300000
Ресурс по коммутационной стойкости, циклов В–О		500000	300000
Масса, кг, не более		17,5	
Сквозные токи, А:			
в течение 1 полуволны (амплитудное);		13000	15000
в течение 0,2 с (действующее);		8000	9000
в течение 10 с		5000	8000

Контакторы предназначены для работы в следующих режимах:

– продолжительном;
– прерывисто-продолжительном;
– кратковременном.

Низковольтные вакуумные контакторы LSM/TEL (РК «Таврида Электрик»)

Низковольтные вакуумные контакторы LSM/TEL предназначены для коммутации электрических цепей переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, с номинальным напряжением до 1140 В при работе в нормальных условиях и при перегрузках.

Контакторы применяются в составе комплектных низковольтных устройств в качестве комплектного изделия для частых коммутаций. Устанавливаются в пусковых сборках, станциях и блоках управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым и фазным ротором, в системах дистанционного управления приводами, могут быть использованы в устройствах автоматического включения резерва.

Технические характеристики контакторов LSM/TEL

Номинальное напряжение, В(~)
– LSM/TEL-1-4/400-350 1140
– LSM/TEL-1-4/400-351 . . . . 127/220
– LSM/TEL-1-4/400-352 . . . . 220/380
Номинальный ток (категории АС-3, АС-4), А 400
Номинальный ток отключения, кА. 4
Номинальный ток включения, кА 4
Ток электродинамической стойкости, кА, ампл.. 10
Номинальный кратковременно допустимый ток, 10 с, кА 3,2
Механический ресурс, циклов В–О, не менее 2000000
Максимальное количество В–О операций в час 600

Коммутационный ресурс при номинальном токе, циклов В–О	2000000
Время включения, мс, не более	50
Время отключения, мс, не более	60
Время отключения полное, мс, не более	80
Температура индикации перегрева, °C	70±3
Сопротивление главных контактов, мкОм, не более	90
Температура аварийного самоотключения, °C	80±3
Степень защиты	IP40
Срок службы, лет	25
Масса, кг, не более	10

Вакуумные контакторы имеют электромагнитный привод и встроенный микропроцессорный блок управления с функцией самоконтроля; климатическое исполнение — У3; диапазон рабочих температур: от –40°C до + 55°C; наибольшая высота над уровнем моря 2000 м. В состав контакторов исполнения 351 и 352 входят блоки ограничителей перенапряжений (ОПН) типа SAU/TEL.

Технические характеристики ОПН

	SAU 230	SAU 400
Номинальное напряжение, В	220	380
Максимальный импульсный ток, Д (8/20 мкс)	8000	8000
Максимальная энергия поглощения, Дж (2мс)	100	135
Средняя мощность рассеивания, Вт	1	1

Контакторы переменного тока КТЩ (Электротехническая компания «ЭНЕРГО-ЩИТ», г. Москва)

1. *Контакторы переменного тока КТЩ11 и КТЩ12 марки «ЩИТ»* предназначены для применения в сетях с частотой 50 Гц, номинальным рабочим напряжением до 660 В и номинальним рабочим током до 630 А. С помощью КТЩ11 и КТЩ12 обеспечивается управление оборудованием но многих отраслях промышленности: для электроцепей с двигателями, где требуется их реверсирование, запуск, остановка, блокирование тормозов, дистанционное управление крановым, прокатным и другим оборудованием.
2. *Контакторы переменного тока КТЩ21 марки «ЩИТ»* применяют в цепях с частотой 50 Гц, номинальным рабочим напряжением до 660 В или 1140 В и номинальным рабочим током до 1000 А. Используют для управления оборудованием, включения и отключения цепи, защиты цепей от возможной перегрузки при пуске электродвигателя.

При наличии в цепи электродвигателя контактор следует доукомплектовать соответствующим термореле и устройством электронной защиты.

Таблица 7.25

Технические характеристики контакторов КТЩ11, 12 (серия 11 — с медными контактами; серия 12 — с серебряными контактами)

Параметры			Значение параметров									
			КТЩ11 -100	КТЩ11 -160	КТЩ11 -250	КТЩ11 -400	КТЩ11 -630	КТЩ12 -100	КТЩ12 -160	КТЩ12 -250	КТЩ12 -400	КТЩ12 -630
Номинальный рабочий ток, А			100	160	250	400	630	100	160	250	400	630
Номинал, рабочее напряжение, В			660									
Номинал, напряжение втягивающей катушки, В	пост. ток		127,220,380									
	перем. ток		48, 110,220									
Номинальное рабочее напряжение, В	380 В	АС-2	100	160	250	400	630	100	160	250	400	630
		АС-4	100	160	250	400	630	100	160	250	400	500
	660 В	АС-2	63	80	160	250	400	63	80	160	250	400
		АС-4	63	80	160	250	315	63	80	160	250	315
Наибольшая частота включений в час			600			300		600			300	
Ресурс	механическая износостойкость, количество циклов В–О — 10^6		6			3		64			3	
	коммутацион. износостойкость, количество циклов В–О — 10^6		180			120		240			150	
Вспомогательные контакты	замыкающий		2			3		4			5	
	размыкающий		4			3		2			1	

Контакторы классифицируют:
- по номинальному рабочему току: 9 А, 12 А, 16 А, 25 А, 32 А, 40 А, 50 А, 63 А, 80 А, 100 А, 125 А, 160 А, 200 А, 250 А, 315 А, 400 А, 500 А, 630 А, 800 А, 1000 А;
- по числу полюсов: 3, 4;
- по номинальному напряжению катушки: перем. ток– 110 В, 127 В, 220 В, 380 В;
- пост. ток — 110 В, 220 В.

Таблица 7.26

Технические характеристики контакторов серии КТЩ21

Тип	Напряжение изоляции, В	Макс. номин. ток, А	Мощность на выходе, кВт				Ресурс, механич. циклы В–О	Потребл. мощность катушки, Вт	Мощность обмотки	
			220 В	380 В	660 В	1140 В			Сра-бат.	Удерж.
КТЩ21-9	690	20	2,2	4	5,5	—	1200	100	76	13,5
КТЩ21-12			3	5,5	7,5	—				
КТЩ21-16		32	4	7,5	13	—			101	14,5
КТЩ21-25			7,5	11	13	—				
КТЩ21-32		60		15	15	—			210	28,5
КТЩ21-40			11	18,5	18,5	—				
КТЩ21-50			15	25	25	—				
КТЩ21-63	1140	80	18,5	30	55	—		120	480	57
КТЩ21-80			22	37	55	—				
КТЩ21-100		125	30	45	75	—				
КТЩ21-125			37	55	75	55				
КТЩ21-160		250	45	75	110	—			880	88
КТЩ21-200			55	90	ПО	—				
КТЩ21-250			75	132	110	110				
КТЩ21-315		500	90	160	300	—	600	60	1710	152
КТЩ21-400			110	220	300	—				
КТЩ21-500			150	280	300	220				
КТЩ21-630		1000	200	335	475	—	300	30	3578	11,5
КТЩ21-800			250	450	475	—				
КТЩ21-1000			360	625	475	600				

Таблица 7.27

Дополнительные технические характеристики контакторов серии КТЩ21

Тип	Условный нагревающий ток, А	Номин. напряжение изоляции, В	Номинальное рабочее напряжение, В		Номинальный рабочий ток, А	
КТЩ21-9-25	10	690	380	220	0,26	0,14
			220	110	0,45	0,27
КТЩ21-32-50	10	690	380	220	0,26	0,14
			220	110	0,45	0,27
КТЩ21-63-250	10	690	380	220	0,8	0,27
			220	110	1,4	0,6
КТЩ21-315-1000	10	690	380	220	1,3	0,27
			220	110	2,3	0,6

3. *Контакторы КТЩ22 марки «ЩИТ»* используются в основном в цепях переменного тока 50 Гц с номинальным рабочим напряжением до 1000 В и с номинальным рабочим током до 630 А, а также для дистанционного включения и отключения цепи.

При подключении к нужному тепловому реле перегрузки контактор может образовать электромагнитный пускатель для защиты цепи от перегрузки.

КТЩ22 удобен в обслуживании благодаря возможности легкого изъятия узла сердечника магнита и установки его обратно. Конструкцией модели предусмотрен малый дуговой промежуток, что делает ее очень компактной, также предусмотрена возможность установки механической блокировки в вертикальном положении на комплект из трех контакторов.

Таблица 7.28

Технические характеристики контакторов серии КТЩ22 (токи 100, 160, 200, 250 А)

Параметры			Значения параметров			
			КТЩ22-100	КТЩ22-160	КТЩ22-200	КТЩ22-250
Номинальный рабочий ток, А	380 В	АС-3	100	160	200	250
	660 В	АС-4	63	100	120	150
Условный нагревающий ток, А			200	275	2715	315330
Номинал. рабочее напряжение, В			1000 В			
Мощность управл. 3-фазного асинхр. двигателя (АС-3) кВт	380 В		50	80	100	120
	660 В		60	100	110	145
Рабочих циклов в час (АС-3)			1200	600		
Электрич. срабатываний (10^4 раз) АС-3			120	100		80

Параметры			Значения параметров			
			КТЩ22-100	КТЩ22-160	КТЩ22-200	КТЩ22-250
Механич. срабатываний (10^4 раз)			1000	600		
Число полюсов			3			
			4			
Модель и код обмотки	мощн., Вт	срабат., ВА	660	966	966	840
		удерж., ВА	54	66	66	12
	управляющее напряжение, В		Код обмотки			
		110	FF110	FG110	FG110	FH110J
		127	FF127	FG127	FG127	FH127J
		220	FF220	FG220	FG220	FH220J
		380	FF380	FG380	FG380	FH380J
Диапазон напряжений	срабатывания		85%~110% U_s			
	отпускания		20%~110% U_s			
Диапазон рабочих температур, °С			от –25 до +55			

Таблица 7.29

Технические характеристики контакторов серии КТЩ22 (токи 300, 400, 630 А)

Параметры			Значения параметров		
			КТЩ22-300	КТЩ22-400	КТЩ22-630
Номинальный рабочий ток, А	380 В	АС-3	300	400	630
	660 В	АС-4	235	303	462
Условный нагревающий ток, А			380	450	800
Номинал. рабочее напряжение, В			1000		
Мощность управл. 3-фазного асинхр. двигателя (АС-3) кВт	380 В		145	180	335
	660 В		205	260	450
Рабочих циклов в час (АС-3)			600		
Электрич. срабатываний (10^4 раз) АС-3			80		
Механич. срабатываний (10^4 раз)			600		
Число полюсов			3		
			4		
Модель и код обмотки	мощн., Вт	Срабат., ВА	840	1380	2076
		Удерж., ВА	12	22	30
	уплавляющее напряжение, В		Код обмотки		
		110	FH110J	FJ110J	FL110J
		127	FH127J	FJ127J	FL127J
		220	FH220J	FJ220J	FL220J
		380	FH380J	PJ380J	FL380J

Параметры		Значения параметров		
		КТЩ22-300	КТЩ22-400	КТЩ22-630
Диапазон напряжений	срабатывания	85%~110% U_s		
	отпускания	10%~110% U_s		
Диапазон рабочих температур, °С		от –25 до +55		

Контакторы серии ПМУ (компаниия «Шнейдер Электрик»)

Трехполюсные контакторы ПМУ для присоединения кабелем с наконечниками или без наконечников являются экономичными устройствами для управления электродвигателями и представляют собой новые пускорегулирующие аппараты, которые отличаются европейским уровнем качества, имеют цену, сравнимую с ценами на российские аналоги. Использование контакторов серии ПМУ позволяет существенно повысить надежность оборудования.

Контакторы «ИЭК» (Международная электротехническая компания «ИЭК»)

1. *Малогабаритные контакторы КМИ* общепромышленного применения на токи нагрузки от 9 до 95А предназначены для пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на напряжение переменного тока до 660В.

Контакторы в комплекте с трехполюсными тепловыми реле серии РТИ служат для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и сверхтоков, возникающих при обрыве одной из фаз.

Контакторы позволяют дистанционно управлять цепями освещения, нагревательными цепями, коммутировать трехфазные конденсаторные батареи и первичные обмотки трехфазных низковольтных трансформаторов.

Условия эксплуатации:
- категории применения — AC1, AC3, AC4;
- температура окружающей среды: при эксплуатации от –25 до +50°С; нижняя предельная температура; при хранении от –45 до +50°С;
- максимальная рабочая высота — 3000 м;
- рабочее положение — вертикальное с отклонением ±30;
- вид климатического исполнения УХЛ4;
- степень защиты IP20.

Таблица 7.39

Технические характеристики контакторов серии ПМУ

Стандартные мощности трехфазных двигателей, 50/60 Гц по категории АС-3							Номин. ток по АС-3, до 440 В, А	Встроенные доп. контакты мгновен. действия		№ по каталогу	Масса, кг
220 В; 230 В, кВт	380 В; 400 В, кВт	415 В, кВт	440 В, кВт	500 В, кВт	660 В; 690 В, кВт	1000 В, кВт		«з»	«р»		
2,2	4	4	4	5,5	5,5	—	9	1	—	ПМУ0910	0,340
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	—	12	1	—	ПМУ1210	0,345
4	7,5	9	9	10	10	—	18	1	—	ПМУ1810	0,365
5,5	11	11	11	15	15	—	25	1	—	ПМУ2510	0,530
7,5	15	15	15	18,5	18,5	—	32	1	—	ПМУ3210	0,555
11	18,5	22	22	22	30	22	40	1	1	ПМУ4011	1,400
15	22	25	30	30	33	30	50	1	1	ПМУ5011	1,400
18,5	30	37	37	37	37	37	65	1	1	ПМУ6511	1,400
22	37	45	45	55	45	45	80	1	1	ПМУ8011	1,590
25	45	45	45	55	45	45	95	1	1	ПМУ9511	1,610
2,2	4	4	4	5,5	5,5	—	9	—	1	ПМУР091	0,700
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	—	12	—	1	ПМУР1201	0,700
4	4,7	9	9	10	10	—	18	—	1	ПМУР1801	0,750
5,5	11	11	11	15	15	—	25	—	1	ПМУР2501	1,100
7,5	15	15	15	18,5	18,5	—	32	—	1	ПМУР3201	1,200
11	18,5	22	22	22	30	—	40	1	1	ПМУР4011	2,400
15	22	25	30	30	33	—	50	1	1	ПМУР5011	2,400
18,5	30	37	37	37	37	—	65	1	1	ПМУР6511	2,400
22	37	45	45	55	45	—	80	1	1	ПМУР8011	3,200
25	45	45	45	55	45	—	95	1	1	ПМУР9511	3,200

Таблица 7.31

Технические характеристики контакторов КМИ

Параметры		Тип									
		КМИ-10910; КМИ-10911	КМИ-11210; КМИ-11211	КМИ-11810; КМИ-11811	КМИ-22510; КМИ-22511	КМИ-23210; КМИ-23211	КМИ-34012	КМИ-35012	КМИ-46512	КМИ-48012	КМИ-49521
Номинальное рабочее напряжение переменного тока U_e, В		230; 400; 660									
Номинальное напряжение изоляции U_i, В		660									
Номинальное импульсное напряжение U_{imp}, кВ		8									
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 (U_e < 400 В), А		9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Условный тепловой ток I_{th} (t < 40°С), категория применения АС-1, А		25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Номинальная мощность по АС-3, кВт	230 В	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	400 В	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	660 В	5,5	7,5	10	15	18,5	30	33	37	45	45
Макс. кратковременная нагрузка, А		162	216	324	450	576	720	900	1170	1440	1710
Условный ток короткого замыкания, А		1000		3000						5000	
Защита от сверхтоков — предохранитель gG, А		10	20	25	40	50	50	63	80	100	100
Мощность рассеяния при I_e, Вт/полюс	АС-3	0,2	0,36	0,8	1,25	2	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2
	АС-1	1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	9,6	6,4	12,5	12,5

Контакторы КМИ в сборе с электротепловым реле (ЭТР) в оболочке с кнопками управления «Пуск»–«Стоп» предназначены для дистанционного пуска и остановки трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на напряжение переменного тока 400 В, а также для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и сверхтоков, возникающих при обрыве одной из фаз.

Серия контакторов общепромышленного применения «ИЭК» включает типоисполнения на ток нагрузки от 115 до 630 А. Эти контакторы выделены в отдельную группу с обозначением: «КТИ — контакторы тяжелые». Функционально группа КТИ аналогична КМИ, но конструктивно имеет ряд особенностей: основание выполнено из специального алюминиевого профиля, являющегося несущей конструкцией для блока контактов, магнитной системы и катушки управления.

Контакторы электромагнитные КТИ предназначены для использования в схемах управления электроприводами для пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором в электрических сетях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частоты 50 Гц, а также могут быть использования включения и отключения других электроустановок.

Условия эксплуатации:

- температура окружающей среды: при эксплуатации от –25 до +50°С; нижняя предельная температура –40°С; при хранении от –45 до +50°С;
- максимальная рабочая высота — 3000 м;
- рабочее положение — вертикальное с отклонением ±30;
- вид климатического исполнения УХЛ4;
- степень защиты IP00.

Контакторы ИЭК — новое поколение электрических аппаратов на номинальные токи от 9 до 630 А и рабочее напряжение до 660 В с широкими функциональными возможностями и современным дизайном.

Контакторы предназначены для коммутации токов включения и отключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротоном в системах управления электроприводами.

Особенности конструкции:

- модульное исполнение, позволяющее доукомплектовывать аппараты дополнительными контактными блоками, пневматическими приставками выдержки времени и тепловыми реле перегрузки;
- широкий температурный диапазон эксплуатации от –40°С до +55°С и высокая устойчивость к климатическим воздействиям;

Таблица 7.32

Технические характеристики КМИ в сборе с ЭТР

Параметры	Тип									
	КМИ-10960	КМИ-11260	КМИ-11860	КМИ-22560	КМИ-23260	КМИ-34062	КМИ-35062	КМИ-46562	КМИ-48062	КМИ-49562
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 ($U_e < 400$В), А	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Электротепловое реле	РТИ-1314	РТИ-1316	РТИ-1321	РТИ-1322	РТИ-2353	РТИ-3355	РТИ-3359	РТИ-3361	РТИ-3363	РТИ-3365
Номинальная мощность по АС-3, кВт	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
Степень защиты	IP44	IP44	IP44	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54

Таблица 7.33

Технические характеристики КТИ

Параметры	Тип								
	КТИ-5115	КТИ-5150	КТИ-5185	КТИ-5225	КТИ-5265	КТИ-5330	КТИ-6400	КТИ-6500	КТИ-7630
Номинальное рабочее напряжение переменного тока U_e, В	230; 400; 660								
Номинальное напряжение изоляции , В	1000								
Номинальное импульсное напряжение , кВ	8								
Номинальный рабочий ток I_e, категория применения АС-3 ($U_n < 400$ В), А :	115	150	185	225	265	330	400	500	630

Параметры		Тип								
		КТИ-5115	КТИ-5150	КТИ-5185	КТИ-5225	КТИ-5265	КТИ-5330	КТИ-6400	КТИ-6500	КТИ-7630
Условный тепловой ток ($t < 40°$), категория применения АС-1, А		200	250	275	315	350	400	500	700	1000
Номинальная нагрузка по АС-3, кВт	230 В	30	40	55	63	75	100	110	147	200
	400 В	55	75	90	110	132	160	200	250	335
	660 В	80	100	110	129	160	220	280	335	400
Макс. кратковременная нагрузка		920	1200	1480	1800	2120	2640	3200	4000	5040
Условный ток короткого замыкания		1000					18000			
Защита от сверхтоков — предохранитель *gG*, А		200	250	350	315	400	500	500	800	1000
Повторно-кратковременный режим, циклов оперирования в час		120								
Мощность рассеяния при ном. токе, Вт/полюс	АС-3	5	8	12	16	21	31	42	45	48
	АС-1	15	22	26	32	37	44	65	88	120

– возможность коммутации минимальных токов от 10 мА при 24 В позволяет применять контакторы в схемах, использующих полупроводниковые компоненты;
– высокая механическая и коммутационная износостойкость;
– малый вес и габариты.

Электромагнитные контакторы (ОАО «Владикавказский завод «Электроконтактор»)

1. *Контакторы* электромагнитные открытого исполнения общего применения с естественным воздушным охлаждением *серии КТ7000, КТП7000* предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии.

Таблица 7.34

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7000Б, КТП7000Б

Параметры	КТ7022Б; КТ7023Б	КТ7024Б	КТП7022Б; КТП7023Б	КТП7024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380			
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
переменного тока	36; 110; 220; 380; 500		—	—
постоянного тока	—	—	24; 48; 110; 220	
Количество вспомогательных контактов	2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»			
Число полюсов	2; 3	4	2; 3	4
Допустимая частота включений циклов в час	1200	600	1200	600
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов	330			
Масса, кг	6,1–7,2	9	6,1–7,2	9
Категория основного применения	АС-4			

Контакторы электромагнитные серии КТ7100У и КТ7200У предназначены в основном для работы во взрывозащищенных и рудничных пускателях; их изготавливают с вспомогательными контактами в сочетании: два замыкающих и два размыкающих контакта или три замыкающих и три размыкающих контакта для цепей управления всех типов контакторов; а также в сочетании один замыкающий и один размыкающий контакт для цепей управления, и два замыкающих и два размыкающих контакта для искробезопасных цепей.

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ7100У и КТ7200У

Номинальный ток, А 125
Номинальное напряжение, В. 660
Номинальное напряжение втягивающей катушки
переменного тока, В 36; 220; 380; 440; 500; 600
Число полюсов КТ7100У и КТ7200У 3
Механическая износостойкость, млн. циклов 3
Коммутационная износостойкость, млн. циклов 1

2. *Контакторы электромагнитные серии КТ6000/00, КТП6000/00. КТ6000/20, КТ6600* предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии. Контакторы КТ6000/20 с защелкивающим механизмом применяют в приводах, где не допускается отключение контактора при исчезновении или снижении напряжения в цепи включающей катушки.

Контакторы изготавливаются для применения в электрооборудовании, комплектных устройствах для обеспечения их эксплуатации, а также ремонта.

Режим работы контакторов — продолжительный, прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный.

Технические характеристики контакторов электромагнитных серий КТ6000 и КТП6000

Номинальный ток, А 16
Номинальное напряжение, В:
– переменного тока 500
– постоянного тока 220
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:
– переменного тока частотой 50 Гц 110, 220, 380, 500
– постоянного тока 48, 110, 220
Число полюсов 3
Механическая износостойкость, млн. циклов В–О:
– КТ6000/00, КТП6000/00 5
– КТ6000/20 0,025
Коммутационная износостойкость, млн. циклов В–О
– КТ6000/00, КТП6000/00 500
– КТ6000/20 25
Наибольшая частота включений в час:
– КТ6000/00, КТП6000/00 600
– КТ6000/20 60

Таблица 7.35

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6600

Параметры	КТ6622; КТ6623	КТ6632; КТ6633	КТ6632Г; КТ6633Г
Номинальный ток, А	160	250	250
Номинальное напряжение, В	660	380	380
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В			
переменного тока частотой 50Гц	36; 110; 220; 380; 500; 600	36; 110; 380; 500; 600	—
постоянного тока	—	—	24, 48, 110, 220
Количество вспомогательных контактов	2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»		
Число полюсов	2; 3		
Допустимая частота включений циклов в час	1200		
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В–О	250	200	200
Категория основного применения	АС-4		
Масса не более, кг	6,2–7,4	7,0–8,2	9,4–10,6

Таблица 7.36

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТП6000Б, КТ6000Б

Параметры	КТ6022Б; КТ6023Б	КТ6024Б	КТП6022Б; КТП6023Б	КТП6024Б
Номинальный ток, А	160	125	160	125
Номинальное напряжение, В	380			
Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:				
переменного тока	36; 110; 220; 380; 500	—	—	
постоянного тока	—	—	24; 48; 110; 220	
Количество вспомогательных контактов	2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»			
Число полюсов	2; 3	4	2; 3	4
Допустимая частота включений циклов в час	1200	600	1200	600
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В–О:	330			
Масса, кг	6–7	8,6	8,4–9,6	11,3
Категория основного применения	АС-4			

Технические характеристики контакторов электромагнитных серии КТ6640-УЗ

Номинальный ток, А 400

Номинальное напряжение, В. 660

Номинальное напряжение втягивающей катушки переменного тока, В . . 220, 380

Число полюсов КТ6642-У3/КТ6643-У3 . . . . 2/3
Число вспомогательных контактов . . . . 2 «З» и 2 «Р» или 3 «З» и 3 «Р»
Категория основного исполнения АС-4
Наибольшая частота включений в час 300
Механическая износостойкость, млн. циклов В–О 1
Коммутационная износостойкость, тыс. циклов В–О 200

Низковольтные контакторы (ОАО «Электрокомплекс», г. Минусинск)

Контакторы предназначены для включения и отключения асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и других приемников электроэнергии и могут быть встроены в оболочки рудничного и взрывозащищенного электрооборудования.

Таблица 7.37

Техническая характеристика низковольтных контакторов типов КТМ, КТ

Параметры	Тип			
	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Номинальное напряжение, кВ	1,140			
Номинальный ток, А	250	400	250	
Частота, Гц	50			
Ток включения, А	5600	6500	5600	
Ток отключения, А	3000			
Напряжение управления, В	36	220	36	220
Коммутационная износостойкость, тысяч циклов В–О				
в категории применения АС-3	1600	2000	1600	
в категории применения АС-4	300	630	300	
Механическая износостойкость, тысяч циклов В–О	5000			
Габаритные размеры, мм	150×220×195	325×325×310	220×160×170	
Масса, кг	6	22	22,5	6,4

Электромагнитные контакторы (ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры»)

Контакторы электромагнитные серии КЭ12 предназначены для применения в качестве комплектующих изделий в схемах управле-

ния электроприводами при напряжении до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц, главным образом для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Для подавления перенапряжений, возникающих на катушках контакторов, используются ограничители перенапряжений тип ОПН. Контакторы, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Виды климатического исполнения: УХЛ4, Т3. Контакторы и ОПН климатического исполнения УХЛ4 пригодны для применения в условиях климатического исполнения У3.

Рабочее положение — крепление на вертикальной плоскости с помощью винтов выводами катушки вверх. Допускается отклонение от вертикального положения на 90° влево или вправо.

Номинальное напряжение по изоляции 660 В. Номинальный ток контактов вспомогательной цепи 10 А. Контакты вспомогательной цепи рассчитаны на номинальное напряжение до 660 В переменного тока и до 440 В постоянного тока.

Номинальное напряжение включающих катушек:
- 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 В частоты 50 Гц;
- 24; 36; 48; 110; 115; 220; 230; 380; 415; 440 В частоты 60 Гц.

Таблица 7.38

Номинальные рабочие токи при температуре окружающей среды 40°С в зависимости от напряжения главной цепи для исполнения контакторов основной категории применения АС-3

Номинальный ток, А	Номинальный рабочий ток контактов главной цепи контактора в продолжительном и прерывисто-продолжительном режимах работы, А, при напряжениях и частоте 50, 60 Гц (категория АС-3)		
	до 380 В	415 В; 440 В; 500 В	660 В
	IP00; IP20	IP00; IP20	IP00; IP20
160	160	160	80
180	180	180	100

Номинальные рабочие токи контакторов категории применения АС-4 должны быть равны не менее 30% номинальных рабочих токов в категории применения АС-3.

Таблица 7.39

Коммутационная и механическая износостойкость контакторов (без тока в цепи контактов) в категории основного применения АС-3, напряжении 380 В, допустимая частота изменений в час, номинальный рабочий ток в категории основного применения АС-1

Номинальный рабочий ток, А	Номинальный рабочий ток в категории применения АС-1, А	Механическая износостойкость, общий ресурс для классов, млн. циклов			Частота включений в час	Коммутационная износостойкость, общий ресурс для классов, млн. циклов			Частота включений в час
		А	Б	В		А	Б	В	
160	180	10	5	5	2450	1,0	0,5	0,2	300
180	210								

Таблица 7.40

Коммутационная износостойкость контакторов в категории применения АС-4

Номинальный ток, А	Номинальные рабочие токи А, при напряжении			Коммутационная износостойкость			
				Общий ресурс для исполнения по износостойкости, млн. циклов			Частота включений в час при напряжении
	380 В	415 В; 440 В; 500 В	660 В	А	Б	В	380–660 В
160	48	48	32	0,20	0,10	0,05	300
180	54	48	40				

Таблица 7.41

Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, мощность, потребляемая включающими катушками, и время срабатывания контакторов при номинальном напряжении

Номинальный ток, А	Наибольшая мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении			Мощность катушки, ВА		Время срабатывания, мс
	380	500	660	Включение	Удержание	
160	75	90	100	51,5 max	55 max	25±10
180	90	110	110			

Таблица 7.42

Технические характеристики контакторов КЭ-12

Наименование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
КЭ12-160100	175×136×162	3,89
КЭ12-160150	276×136×162	3,96
КЭ12-180100	175×136×162	3,89
КЭ12-180150	276×136×162	3,96
КЭ12-160500	187×318×172	8,75
КЭ12-180500	187×318×172	8,80

7.4. Пускатели

Пускозащитная аппаратура серии ПМ12 (ООО «Уралэлектроконтактор»)

Электромагнитные пускатели серии ПМ12 предназначены для применения в схемах управления электроприводами на напряжение до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц в категориях применения АС-1, АС-3, АС-4. Пускатели ПМ12 применяют, главным образом, в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью:

– до 45 кВт для пускателей на 100 А;
– до 75 кВт для пускателей на 160 А;
– до 132 кВт для пускателей на 250 А.

При наличии тепловых реле пускатели защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели поставляются с ОПН, что позволяет применить их в схемах с микропроцессорной техникой.

Условия эксплуатации:

Температура окружающей среды, °С	От –40 до +55
Относительная влажность воздуха	До 100% при t = 35°С
Высота над уровнем моря	До 2000 м До 4300 м при I_n = 380 В; t < 28°С; $I_n = 0{,}9I_n$
Среда эксплуатации	Невзрывоопасная, не содержащая пыли, без агрессивных газов в концентрации, разрушающей изоляцию и металлы
Вибрационные нагрузки	С частотой до 100 Гц при ускорении до 1 *g*
Рабочее положение	Установка на вертикальной плоскости с допустимым отклонением ±15°
Виды климатического исполнения и категории размещения	IP00 У3, Т3; IP20 У3, Т3; IP40 У3, Т3; IP54 У2, Т2

Таблица 7.43

Технические характеристики пускателей серии ПМ12

Параметры	Значение параметров		
	ПМ12-1000	ПМ12-160	ПМ12-250
Количество полюсов	3		
Номинальный ток пускателя, А	100	160	250
Максимальный рабочий ток пускателя в категории применения АС-3, А	100	160	250

Параметры		Значение параметров		
		ПМ12-1000	ПМ12-160	ПМ12-250
Мощность управляемых электродвигателей кВт,				
220 В		30,0	40,0	75,0
380 В		45,0	75,0	132,0
400 В		50,0	75,0	132,0
415 В			75,0	132,0
440 В			75,0	132,0
500 В		55,0	100,0	100,0
660 В		50,0	75,0	85,0
Номинальный рабочий ток контактов главной цепи пускателей в продолжительном и прерывисто-продолжительном режимах в категории применения АС-3 при частоте 50/60 Гц, А				
До 380, 41 5, 440, 500В:				
IP00; IP20		100	160	250
IP40; IP54		95	150	
До 660 В:				
IP00; IP20; IP40; IP54		63	80	125
Номинальный рабочий ток пускателя, А				
в категории применения АС-1 (К40С)		125	180	285
в категории применения АС-4 (К40С)		40	48	75
Ток термической стойкости, А		125	180	285
Механическая износостойкость пускателей при частоте 2400 включений в час для исполнения по износостойкости, млн. циклов	А	10		
	В	5		
Коммутационная износостойкость контактов главной цепи пускателей при номинальных рабочих токах в категории основного применения АС-3 при частоте 600 включений в час для исполнения по износостойкости, млн. циклов	А	2,0	1,5	1,2
	В	0,3	0,3	0,3
Коммутационная износостойкость контактов главной цепи пускателей при номинальных рабочих токах в категории основного применения АС-4 при частоте 300 включений в час для исполнения по износостойкости, млн. циклов	А	0,25	0,2	0,1
	В	0,06	0,05	0,02
Номинальное напряжение, В		660		
Номинальное напряжение изоляции, В				
Степень защиты		IP00	IP00	IP00
		IP20	IP20	
		IP 40	IP 40	IP20
		IP 54	IP 54	
Допустимая кратковременная нагрузка $8\times I_н$ по категории применения АС-3 в течение 10 с (из холодного состояния) в исполнении без теплового реле				

Пускатели электромагнитные (ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры»)

Пускатели электромагнитные типов ПМ12, ПМЕ-200 и ПМЕ-300 предназначены для применения главным образом в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

Рабочее положение — крепление на вертикальной плоскости выводами вверх и вниз с помощью винтов. Допускается отклонение на 15° в любую сторону.

Пускатели, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

При наличии тепловых реле РТТ-141 пускатель осуществляет защиту управляемых электродвигателей от перегрузки недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

1. *Пускатели электромагнитные типа ПМ12-125.*

Таблица 7.44

Технические характеристики пускателей ПМ12-125

Параметры	Значение параметров			
	ПМ12-100		ПМ12-160	ПМ12-250
Номинальное напряжение цепи управления U_c, В	24–660			
Напряжение срабатывания при частоте 50 или 60 Гц	Более 0,85 U_c			
Напряжение отпускания при частоте 50 или 60 Гц	Менее 0,75 U_c			
Среднее потребление катушки, ВА:				
включение	300		515	700
удержание	45		55	80
Время срабатывания пускателей, мс	20±8		25±10	
Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи на переменном токе127 В — 3 А; 220 В — 2,5 А; 380 В — 1,5 А; 660 В — 1 ,0 А для исполнения по износостойкости, млн. циклов	А	1,5	1,5	1,0
	В	0,75	0,75	0,5

Виды климатического исполнения пускателей и ограничителей перенапряжения: УХЛ4 для поставок внутри страны и для поставок на экспорт в страны с умеренным климатом, Т3 — для поставок на экспорт в страны с тропическим климатом. Пускатели и ограничители перенапряжений исполнения УХЛ4 пригодны для применения в условиях климатического исполнения У3.

2. *Пускатели электромагнитных типов ПМЕ-200 ПМА-3000.*

Таблица 7.45

Технические характеристики пускателей ПМЕ-200

Параметры	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМЕ-211 УХЛ4	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМЕ-212 УХЛ4	Пускатели нереверсивные в оболочке IP30 ПМЕ-221 УЗ	Пускатели нереверсивные в оболочке IP30 ПМЕ-222УЗ	Пускатели реверсивные без оболочкиIP00 ПМЕ-213 УХЛ4	Пускатели реверсивные без оболочкиIP00 ПМЕ-214 УХЛ4
Номинальный ток главной цепи, А	25					
Число вспомогательных контактов	1з или 2з+2р				2з+2р или 4з+2р	
Наличие теплового реле	+	–	+	–	+	–
Габариты, мм	93×89×116	170×89×116	222×152×154	222×152×154	130×200×130	156×200×130
Масса, кг	1,07	1,3	2,0	2,2	2,7	3,1

Номинальное напряжение главной цепи пускателей 380 В, номинальное напряжение по изоляции 660 В. Номинальный ток вспомогательных контактов 6,3 А.

Номинальные рабочие напряжения вспомогательных контактов: при переменном токе частоты 50 Гц и 60 Гц от 24 до 660 В, при постоянном токе от 24 до 220 В.

Номинальное напряжение втягивающей катушки, В:

- для пускателей ПМЕ-200: 24; 36; 40; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500 (для частоты 50 Гц); 36; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500 (для частоты 60 Гц);
- для пускателей ПМА-3000: 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 (для частоты 50 Гц); 24; 48; 110; 115; 220; 230; 380; 440 (для частоты 60 Гц).

Пускатели ПМЕ-212, ПМЕ-214, ПМЕ-222 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-141, имеющими тепловые элементы с несменными нагревателями на номинальные токи 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20 и 25 А.

Пускатели ПМА-3200, ПМА-3400 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-211, РТТ-21Ш, РТТ-21, РТТ-21П с номинальным током тепловых элементов 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 А.

Пускатели ПМА-3210 комплектуются электротепловыми токовыми реле типа РТТ-141 с номинальным током тепловых элементов 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 34 А.

Мощность управляемых электродвигателей не более 11 кВт для пускателей ПМЕ-200 и не более 18,5 кВт для пускателей ПМА-3000.

Климатическое исполнение и категория размещения пускателей: УХЛ4, У3 для поставок внутри страны и на экспорт в страны с умеренным климатом, Т3, О4 для поставок на экспорт в страны с тропическим климатом.

Таблица 7.46

Номинальные токи и номинальные рабочие токи главной цепи пускателей ПМЕ-200

Исполнение		Номинальный ток. А для категории применения АС-1	Номинальный ток; А при номинальных рабочих напряжениях для категории применения АС-3	
По степени защиты	По наличию теплового реле		до 380 В	св. 380 до 660 В
IP00	без реле	32	25	14
	с реле	25		
IP30	с реле и без него	23	23	

Таблица 7.47

Механическая износостойкость пускателей ПМЕ-200У

Класс износостойкости пускателя	Механическая износостойкость		Коммутационная износостойкость			
	Общий ресурс, млн. циклов	Допустимая частота включений в 1 час, не более	Общий ресурс, млн. циклов		Допустимая частота включений в 1 час, не более	
			АС-3	АС-4	АС-3	АС-4
А	16	3600	3	0,4 (0,35)*	1200	600 (380 В)**
Б	16	3600	1	0,1 (0,16)*		300 (660 В)**
В	5	3600	0,3	0,04 (0,08)*		600

*В скобках приведены данные для ПМЕ-3000.
**Оба значения для ПМЕ-3000.

Таблица 7.48

Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи пускателей ПМЕ-200 в категориях применения АС-11 и ДС-11

Род тока	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальный рабочий ток, А	Коммутационная износостойкость для классов, млн. циклов		
			А	Б	В
Постоянный	ПО	0,5			
	220	0,2	1,6	1,0	0,3
Переменный	380	1,5			

Таблица 7.49

Максимальные токи продолжительного режима работы пускателей ПМЕ-200 в зависимости от номинального тока теплового элемента реле и исполнения по степени защиты

Номинальный ток теплового элемента реле, А	Диапазон регулирования номинального тока несрабатываиия, А	Максимальные токи продолжительного режима работы реле в пускателях исполнении	
		IP00	IP30
		УХЛ4, 04	У3, Т3
5,0	4,25–5,75	5,75	5,5
6,3	5,35–7,23	7,23	7,0
8,0	6,8–9,2	9,2	8,8
10,0	8,5–11,5	11,5	11,0
12,5	10,6–14,3	14,3	14,0
16,0	13,6–18,4	18,4	17,6
20,0	17,0–23,0	23,0	20,0
25,0	21,3–25,0	25,0	23,0

Таблица 7.50

Технические характеристики пускателей ПМА-3000

Потребляемая мощность при включении пускателя не более 200 ВА, удержания: для ПМЕ-200 — 20 ВА, для ПМА-3000 — 25 ВА. Время включения пускателей ПМЕ-200 10–25 мс, ПМА-3000 20–30 мс.

	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМА-3100 УХЛ4	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМА-3200 УХЛ4	Пускатели нереверсивные в оболочке IP40 ПМА-3ПО У3	Пускатели нереверсивные в оболочке IP40 ПМА-3210 У3	Пускатели реверсивные без оболочки IP00 ПМА-3300 УХЛ4	Пускатели реверсивные без оболочки IP00 ПМА-3400 УХЛ4
Номинальный ток главной цепи, А	40					
Число вспомогательных контактов	1з, 1з+1р или 2з+2р	1з, или 2з+2р	1з, 1з+1р или 2з+2р	1з или 2з+2р	2з+2р или 4з+2р	

	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМА-3100 УХЛ4	Пускатели нереверсивные без оболочки IP00 ПМА-3200 УХЛ4	Пускатели нереверсивные в оболочке IP40 ПМА-3ПО УЗ	Пускатели нереверсивные в оболочке IP40 ПМА-3210 УЗ	Пускатели реверсивные без оболочки IP00 ПМА-3300 УХЛ4	Пускатели реверсивные без оболочки IP00 ПМА-3400 УХЛ4
Наличие теплового реле	–	+	–	+	–	+
Габарит	93×89×116	170×89×116	222×152×154	222×152×154	130×200×130	175×200×130
Масса, кг	1,07	1,4	2,0	2,2	2,7	2,9

Таблица 7.51

Номинальные рабочие и номинальные рабочие напряжения вспомогательной цепи пускателей ПМА-3000 в категориях применения АС-11 и ДС-11

Род тока	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальный рабочий ток, А
Постоянный	110	0,5
	220	0,2
Переменный	127	3,0
	220	2,0
	380	1,5
	660	0,6
Примечание:Коммутационная износостойкость контактов вспомогательной цепи в данных категориях применения и при данных значениях номинальных рабочих токов и напряжений не менее 1,6 млн. циклов срабатываний для исполнения по износостойкости А и не менее 0,8. млн. циклов срабатываний для исполнения по износостойкости Б и В		

Пускатели TeSus U (Компания «Шнейдер Электрик»)

TeSys U (торговая марка Telemecanique) — первый представленный на рынке интеллектуальный пускатель. В дополнение к основным функциям: пуск, защита и управление двигательными нагрузками мощностью до 315 кВт, — он обеспечивает множество других возможностей. В новую серию входят два основных «семейства»: пускатели серии U для применения с нагрузками до 32 А и пускатели-контроллеры серии U для применения с нагрузками на токи до 630 А.

Пускатели серии TeSys U на токи до 32 А

Основой пускателя служат 2 элемента — *силовой блок* и *блок управления*. Соединенные вместе, они и образуют единое устройство — пускатель TeSys U, выполняющий функции разъединения, электронной защиты от короткого замыкания и перегрузок и обеспечивающий коммутацию нагрузки.

Все эти функции реализованы в едином компактном устройстве (взамен традиционного решения: контактор, автоматический выключатель и тепловое реле). Без увеличения габаритов пускатель может быть дополнен одним из модулей, позволяющим расширить его возможности и легко интегрировать в современную систему промышленной автоматизации.

Силовой блок и блок управления

Предлагаются силовые блоки двух исполнений: на токи 0...12 А и 0...32 А. Выбор обусловлен мощностью двигателя. Блоки управления представлены в 3-х вариантах: *стандартный*, *расширенный* и *многофункциональный*. Их выбирают в зависимости от мощности двигателя, а также от того, какие из функций защиты, управления, диагностики и визуализации параметров должны быть реализованы в данном пускателе. Защиты во всех блоках управления реализованы электронно, что обеспечивает высокую точность и надежность срабатывания.

Наиболее экономичным решением является пускатель, состоящий из силового блока и стандартного блока управления, обеспечивающий основные функции управления и защиты трехфазных двигателей. Расширенный блок управления дает возможность управления однофазной или трехфазной нагрузками, обеспечивая класс расцепления 10 или 20, и может быть дополнен любыми функциональными модулями или модулями связи. Для осуществления таких функций, как: мониторинг основных параметров двигателя, их удаленная установка, реализация особых режимов работы (работа ненагруженного двигателя или режим затянутого пуска), запоминание серии последних событий, — предлагается многофункциональный блок управления, имеющий собственный экран, с помощью которого в режиме реального времени могут отображаться установленные значения для срабатывания защит, текущие параметры (ток, тепловое состояние электродвигателя), список произошедших срабатываний, продолжительность эксплуатации и пр. Изменение параметров защит возможно как с клавиатуры экрана, так и удаленно, с применением операторской панели или компьютера.

Функциональные модули и модули связи

Для расширения возможностей пускателя в зависимости от поставленной задачи предлагается целый ряд функциональных модулей, среди которых — модуль аналоговой индикации нагрузки электродвигателя 4-20 мА, модуль предварительной сигнализации тепловой перегрузки, а также модули сигнализации срабатывания защиты в случае аварийного события с возможностью применения

функции возврата как в ручном режиме, так и удаленно или автоматически.

Модули связи AS-I, Modbus и CANopen, коммуникационные шлюзы Profibus DP, Fipio, DeviceNet, операторская панель серии Magelis XBT обеспечивают легкую интеграцию пускателей TeSys U в различные системы управления процессами.

Реверсивный модуль

Добавленный к пускателю, данный модуль дает возможность управлять электродвигателями в реверсивном режиме. Ширина реверсивного пускателя 45 мм, что вдвое меньше традиционного решения. Реверсивный пускатель можно легко собрать пользователем путем присоединения реверсивного модуля либо заказать в сборе как готовое изделие.

Пускатели имеют расширенный диапазон управляющих напряжений, и ими можно управлять как по постоянному, так и переменному току. При этом катушки 24 В с управлением по постоянному току имеют малое значение тока включения, что дает возможность управлять пускателями непосредственно с выходов контроллера или интеллектуального реле. Это обеспечивает не только легкую интеграцию в системы автоматизации, но и позволяет уменьшить количество применяемых блоков питания. Значительному сокращению занимаемого места в шкафу способствует и малое тепловыделение пускателей, сокращенное, по сравнению с традиционными решениями, в 4 раза.

Отличительная черта новой серии — модульность конструкции. При сборке пускателя или установке дополнительных модулей нет необходимости в соединении проводами, что, по сравнению с обычным решением, сокращает время монтажа почти на 80 %. Важно отметить, что каждый из пускателей теперь имеет более широкий диапазон токовых установок, что даже после монтажа обеспечивает легкую и быструю адаптацию в соответствии с требованиями того или иного применения. При этом нет необходимости повторно выполнять проводные соединения, что нередко случается в ситуациях, если после сборки шкафа управления реальные нагрузки превышают значения, заданные на этапе проектирования, и требуется установка более мощных контакторов или автоматов защиты электродвигателя.

Унифицированное исполнение изделий торговой марки Telemecanique обеспечивает возможность совместного использования пускателей новой серии с устройствами плавного пуска Altistart U01, а также применение для настройки параметров программного обеспечения PowerSuite, используемого с частотно-регулируемыми приводами Altivar и устройствами плавного пуска Altistart

Пускатели новой серии являются устройствами полной координации, то есть сохраняют работоспособность даже после аварийного события, например, короткого замыкания. При этом такое их обслуживание, как чистка контактов или замена, перед повторным включением не требуется.

Пускатели-контроллеры серии TeSys U на токи до 800 А

Для управления мощными нагрузками разработан пускатель-контроллер TeSys U. Имея аналогичные размеры и такой же модульный принцип конструктивного исполнения, что и пускатель на токи до 32 А, он в то же время обладает целым рядом принципиальных отличий.

Основное заключается в том, что в пускателе-контроллере отсутствует функция коммутации, а управление электродвигателем осуществляется включением и выключением внешнего контактора (реверсивного или нереверсивного). Данные о режимах работы пускатель-контроллер получает с помощью трансформаторов тока. Для обеспечения обмена данными как о состоянии самого пускателя (готовность к работе, аварийные события, функции возврата и др.), так и управляемого контактора имеются также 10 входов и 5 выходов. Блоки управления предлагаются в двух исполнениях: усовершенствованном и многофункциональном. Они обеспечивают управление нагрузками до 315 кВт, реализуя функции, аналогичные тем, которыми обладают блоки управления пускателей на токи до 32 А.

Возможности пускателей-контроллеров могут быть расширены путем добавления модуля связи Modbus, модуля аналоговой индикации нагрузки электродвигателя 4-20 мА или модуля предварительной сигнализации тепловой перегрузки. Фактически пускатель-контроллер является многофункциональным реле, предназначенным для защиты и управления электродвигателем.. Более подробную информацию можно получить из каталогов и руководств по эксплуатации, доступных на сайте: www.schneider-electric.ru в разделе «Каталог продукции. Управление и автоматизация, пускорегулирующая аппаратура».

TeSys U — высокопроизводительные интеллектуальные пускатели, имеющие международные сертификаты и сертифицированные в России в качестве коммутационных устройств управления и защиты в соответствии со стандартом ГОСТ Р 50030.4.1-2002 (МЭК 60947-4-1-2000) и ГОСТ Р 50030.6.2-2000 (МЭК 60947-6-2-92).

Технические характеристики пускателей TeSys U

Максимальные стандартные мощности трехфазных двигателей 50 / 60 Гц			Диапазон регулирования	Совместимость с силовым блоком (значение тока)	Масса
400 / 415 В	500 В	690 В			
кВт	кВт	кВт	А	А	кг
Стандартные блоки управления					
0,09	—	—	0,15–0,6	12 и 32	0,135
0,25	—	—	0,35–1,4	12 и 32	0,135
1,5	2,2	3	1,25–5	12 и 32	0,135
5,5	5,5	9	3–12	12 и 32	0,135
7,5	9	15	4,5–18	32	0,135
15	15	18,5	8–32	32	0,135
Усовершенствованные блоки управления					
Класс 10 для трехфазных двигателей					
0,9	—	—	0,15–0,6	12 и 32	0,140
0,25	—	—	0,35–1,4	12 и 32	0,140
1,5	2,2	3	1,25–5	12 и 32	0,140
5,5	5,5	9	3–12	12 и 32	0,140
7,5	9	15	4,5–18	32	0,140
15	15	18,5	8–32	32	0,140
Класс 10 для однофазных двигателей					
—	—	—	0,15–0,6	12 и 32	0,140
0,09	—	—	0,35–1,4	12 и 32	0,140
0,56	—	—	1,25–5	12 и 32	0,140
2,2	—	—	3–12	12 и 32	0,140
4	—	—	4,5–18	32	0,140
7,5	—	—	8–32	32	0,140
Класс 20 для трехфазных двигателей					
0,09	—	—	0,15–0,6	12 и 32	0,140
0,25	—	—	0,35–1,4	12 и 32	0,140
1,5	2,2	3	1,25–5	12 и 32	0,140
5,5	5,5	9	3–12	12 и 32	0,140
7,5	9	15	4,5–18	32	0,140
15	15	18,5	8–32	32	0,140

Устройства плавного пуска Altistart (компания «Шнейдер Электрик»)

Устройство плавного пуска серии Altistart 01 предназначено либо для ограничения пускового момента, либо для плавного пуска и торможения асинхронных двигателей. Использование устройства Altistart 01 улучшает пусковые характеристики асинхронных двига-

телей, обеспечивая контролируемый безударный плавный пуск. Оно позволяет исключить механические удары, являющиеся причиной преждевременного износа, уменьшить затраты на ремонт, сократить простои оборудования.

Altistart 01 ограничивает момент и броски тока при пуске механизмов, для которых не требуется большой пусковой момент.

Устройства плавного пуска используются в приводе: контейнеров, ленточных транспортеров, насосов и вентиляторов, компрессоров, автоматических дверей, небольших портальных кранов, ременных механизмов.

Устройства Altistart 01 компактны, легки в настройке, устанавливаются вплотную друг к другу, соответствуют нормам МЭК/EN 60947-4-2. Семейство устройств плавного пуска Altistart 01 включает в себя три группы изделий.

Устройства плавного пуска ATS 01 N1:

- управление одной фазой питания двигателя (однофазного или трехфазного) для ограничения пускового момента;
- для двигателей мощностью от 0,37 до 5,5 кВт;
- напряжение питания двигателей от 110 до 480 В, 50/60 Гц, для управления пусковым
- устройством необходимо внешнее питание.

Устройства плавного пуска и торможения ATS 01 N2:

- управление двумя фазами питания двигателя для ограничения пускового тока и плавного торможения;
- для двигателей мощностью от 0,75 до 75 кВт;
- напряжение питания двигателей: 230, 400, 480 и 690 В, 50/60 Гц;
- в установках, для которых необязательна гальваническая развязка, применение Altistart 01 позволяет обойтись без сетевого контактора.

Технические характеристики устройств плавного пуска и торможения

Характеристики	Устройства плавного пуска			
	ATS 01		ATS 48	
Напряжение питания (В) и рекомендуемая мощность двигателя (кВт)	1×110–230	0,37–1,5	3×230	4–355
	3×200–240	0,75–7,5	3×400	7,5–630
	3×380–415	1,5–15	3×690	15–900
	3×230–690	7,5–75		
Алгоритм управления	Управление током		Управление моментом; управление током	
Степень защиты	IP20		IP20 (для D17–C11)	
			IP00(дляC14–M12)	
Температура, °С	–10…+50		–10...+40	

Характеристики	Устройства плавного пуска	
	ATS 01	ATS 48
Пусковой момент (%, M_n)	30–80	0–100
Коммуникационные возможности		RS485–Modbus RTU, Fipio, DeviceNet, Profibus DP, Ethernet
Входы/выходы	3LI, 1LO, 1R	4LI, 1IO, 1AI (PTC), 1AO, 2LO, 3R

Преобразователи частоты Altivar (компания «Шнейдер Электрик»)

Предназначены для асинхронных электродвигателей. Отличаются простотой наладки, компактностью, работой при 50%-ной просадке напряжения.

Технические характеристики преобразователей частоты семейства Altivar

Характеристики	Преобразователи частоты				
	ATV 11	ATV 21	ATV 31	ATV 61	ATV 71
Напряжение питания (В) и рекомендуемая мощность двигателя (кВт)	1×200–240; 0,18-2,2	3×200-240; 0,75-30	1×200-240; 0,18-2,2	1×200-240; 0,37-5,5	1×200-240; 0,37-5,5
	3×200-240; 0,18-2,2	3×380-480; 0,75-30	3×200-240; 0,18-15	3×200-240; 0,75-90	3×200-240; 0,37-75
	1×100-120; 0,18-0,75	SVC, $U/1^2$, U/f	3×380-500; 0,37-15	3×380-480; 0,75-630	3×380-480; 0,75-500
			3×525-600; 0,75-15		
Алгоритм управления	SVC и U/f	SVC, U/f^2, U/f, Energy saving	SVC и U/f	SVC, U/f^2, U/f, Energy saving	FVC, SVC, U/f, ENA
Выходная частота (Гц)	0-200	0,5-200	0,5-500	0,5-1000 Гц до 37 кВт	0-1000 Гц до 37 кВт
				0,5-500 Гц, 45-630 кВт	0-5000 Гц, 45-500 кВт
Частота коммутации (кГц)	2-16	6-16	2,2-16	1-6	1-16
Перегрузочная способность (%, M_n)	170 (2 с)	120% (60 с)	170 (2 с)	130% (60 с)	220% (2 с)
	150 (60 с)		150 (60 с)		170% (60 с)
Степень защиты	IP20	IP21/54	IP21/55	IP00/21/54	IP00/21/54
Температура, °С	–10...+50	–10...+40	–10...+50	–10...+50	–10...+50

Характеристики	Преобразователи частоты				
	ATV 11	ATV 21	ATV 31	ATV 61	ATV 71
Диапазон регулирования скорости	20	10	50	100	100 (1000 с ОС)
Коммуникационные возможности		Modbus, Lonworks, Melasys N2, Apogee FLN, BACnet	Modbus RTU RS 485, CANopen, Rpio, Profibus, Ethernet, DeviceNet	Modbus, CANopen, Ethernet TCP/IP Rpio, Modbus Plus, Interbus, Profibus DP, Modbus/ Uni-Telway, DeviceNet, Lonworks, Metasys N2, Apogee FLN, BACnet	Modbus, CANopen, Ethernet TCP/IR Rpio, Modbus Plus, Interbus, Prolibus DP, Modbus/ Uni-Telway, DeviceNet
Входы/выходы	4LI, 1AI, 1DO, 1R	3LI, 2AI, 1AO, 2R	6LI, 3AI, 1AO, 2R	6-20U, 2-4AI, 1-3AO, 2-4R, 0-8LO	6-20LI, 2-4AI, 1-3AO, 2-4R, 0-8LO

1. SVC — алгоритм векторного управления потоком без датчика ОС по скорости.
2. FVC — алгоритм векторного управления потоком с датчиком ОС по скорости.
3. ENA — алгоритм работы с несбалансированной нагрузкой.

Варианты конструктивного исполнения преобразователей: ATVH — стандартный преобразователь с радиатором (для нормальных условий эксплуатации и установки в шкафу); ATVP — стандартный преобразователь на платформе (для установки на корпусе механизма или в герметичном шкафу); ATVE или W — комплектный преобразователь, встроенный в защитный кожух или шкаф (для установки в непосредственной близости от двигателя); ATV31C — преобразователь, встроенный в защитный кожух, с возможностью индивидуальной комплектации; ATV31K — бескорпусный преобразователь (для установки в герметичном шкафу или на корпусе механизма).

Все преобразователи поставляются со встроенными фильтрами ЭМС (без фильтров — на заказ).

Преобразователи ATV61/71 мощностью ~ 18,5 кВт поставляются со встроенным дросселем шины постоянного тока.

Программное обеспечение Power Suite для управления от ПК или карманного ПК, общее для всей гаммы преобразователей частоты и устройств плавного пуска Altistart 48.

7.5. Низковольтные комплектные устройства

Низковольтные комплектные устройства «Нева» ЩО-2000 (ОАО «ПО «ЭЛТЕХНИКА», г. Санкт-Петербург)

«НЕВА» ЩО-2000 — низковольтное комплектное устройство (далее НКУ) одностороннего обслуживания в металлических корпусах с воздушной изоляцией, со стационарными и/или выкатными автоматическими выключателями, стационарными выключателями-разъединителями, блоками предохранителей, трансформаторами тока, устройствами управления и сигнализации.

НКУ предназначено для распределения электроэнергии трехфазного переменного тока напряжением 380/220В и частотой 50Гц в сетях с изолированной или глухозаземленной нейтралью, для защиты от перегрузок и коротких замыканий, а также для управления, измерения и сигнализации.

НКУ ЩО-2000 «НЕВА» используются на всех уровнях распределения электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ. На базе ЩО-2000 можно строить:

- Главные распределительные щиты на токи до 6300А.
- Щиты управления двигателями на токи до 2500А.

Технические характеристики НКУ

Номинальное напряжение главных цепей, В	400
Номинальное напряжение вторичных цепей, В	230
Номинальня частота, Гц	50
Номинальный ток сборных шин, А	до 6300
Ток термической стойкости, кА/1 сек	до 100
Ток электродинамической стойкости, кА	до 275
Степень защиты оболочкой	IP54

Габариты и масса НКУ зависят от схемы главных цепей.

НКУ состоит из модульных элементов и позволяет монтировать щиты любой конфигурации в стационарном и выдвижном исполнении с различными вариантами разделения функциональных узлов. Подвод кабеля и шин может осуществляться в верхней или нижней части щита. Все это обеспечивает разнообразие конструктивных решений.

Аппараты устанавливают в стационарных или выдвижных модулях, все органы управления находятся на лицевой стороне. Контроль работы и управление осуществляют без открывания дверей.

НКУ поставляют в виде самостоятельно транспортируемых секций полной заводской готовности. Срок службы не менее 30 лет.

НКУ предназначено для внутренней установки при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- температура окружающего воздуха от минус 25°С до плюс 40°С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Конструкция НКУ ЩО-2000 «Нева» позволяет предусмотреть каналы для сброса избыточного давления газов и продуктов горения от каждого функционального узла при возникновении дуги внутри НКУ. Шины в НКУ выполнены из высококачественной твердой, бескислородной электротехнической меди.

Применение опор-изоляторов специально разработанной конструкции обеспечивает надежную изоляцию шинной системы, ее высокую устойчивость к ударным токовым, динамическим и тепловым нагрузкам как в штатном режиме работы, так и при КЗ.

Применение двух полос медной шины на каждую фазу обеспечивает наилучшее охлаждение шин во время работы.

Специальная система шинных соединений обеспечивает надежный контакт на весь срок эксплуатации.

Для защиты подключаемых к стационарным блокам присоединений применяют предохранители (ППН-33, ППН-35, ППН-37, ППН-39), предохранители-разъединители производства АВВ с номинальным током до 630 А или автоматические выключатели производства АВВ.

Выдвижные блоки НКУ комплектуются оборудованием фирмы «Шнейдер Электрик» и обеспечивают управление и защиту электродвигателей мощностью от 0,5 до 250 кВт.

7.6. Низковольтное коммутационное оборудование *(ОАО «Новосибирский электромеханический завод»)*

1. *Пункты силовые распределительные ПР-8-РУ (распределительные)* применяют в сетях электроснабжения промышленных предприятий, административных и жилых зданий. Пункты серии ПР-8-РУ предназначены для распределения электрической энергии и защиты электрических установок при перегрузках и токах короткого замыкания, для нечастых (до 6 в час) оперативных включений и отключений электрических цепей и пусков асин-

хронных двигателей. Они разработаны для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 660В переменного тока частотой 50 Гц или 60 Гц. Щиток каждого типоисполнения оборудуется соответствующим количеством автоматических выключателей в зависимости от числа отходящих групп.

Таблица 7.53

Технические характеристики пускателей ПР-8-РУ

Тип	Номинальный ток, А	Наличие вводного выключателя	Максимальное кол-во модулей распределения	Наличие УЗО	Габаритные размеры, мм		
					H	L	B
ПР-8-РУ	до 100 А	+	12	по заказу	250	350	95
ПР-8-РУ		+	12		280	380	
ПР-8-РУ		+	25		466	350	
ПР-8-РУ		+	25		496	380	
ПР-8-РУ	до 250 А	+	30		682	350	170
ПР-8-РУ		+	30		712	380	
ПР-8-РУ		+	30		466	684	

2. *Пункты силовые распределительные ПР-8-ВР (с прибором учёта)* разработаны для ввода, учета и распределения электрической энергии индивидуальных жилых зданий и малых производственных предприятий, защиты электрических установок напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 Гц или 60 Гц. Они обеспечивают защиту от перегрузок и коротких замыканий и используются для нечастых (до 6 включений в час) оперативных коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Таблица 7.54

Технические характеристики пускателей ПР-8-ВР

Тип	Номинальный ток, А	Наличие вводного выключателя	Аппараты учета		Максимальное кол-во модулей распределения	Наличие УЗО	Габаритные размеры, мм		
			1 фазный	3 фазный			H	L	B
ПР-8-ВР	до 100 А	+	+	–	15	по заказу	466	350	170
							496	380	
			–	+			682	350	
							712	380	
					30		466	684	

3. *Рубильники с предохранителями на общей плите РПС-1, РПС-2, РПС-4; РПБ-1, РПБ-2, РПБ-4* предназначены для защиты и неавтома-

тической коммутации силовых электрических цепей переменного тока в устройствах распределения электрической энергии. Основание имеет высококачественное полимерное покрытие, комплектуется скобой и приводом.

Таблица 7.55

Технические характеристики РПС и РПБ

Параметры	РПС–1	РПС–2	РПС–4
Род тока	переменный		
Номин. напряжение, В	380		
Номин. ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		
Род привода	передний		
Размеры панели, мм	260×360×20		
Присоед. размеры, мм	230×330 (4 отв. диам. 9)		
Вылет вала привода, мм	90		
Габаритные размеры, мм	350 ×(290) ×360 ×136		350 ×(290) ×360 ×160
Масса, кг	6,5	6,8	6,9
Параметры	**РПБ–1**	**РПБ–2**	**РПБ–4**
Род тока	переменный		
Номин, напряжение. В	380		
Номин. ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		
Род привода	боковой		
Размеры панели, мм	260×360×20		
Присоед. размеры, мм	230×330 (4 отв. диам.9)		
Вылет вала привода, мм	170	205	205
Габаритные размеры, мм	264×364×136		264×364×160
Масса, кг	6,5	6,8	6,9

4. *Рубильники с боковым приводом РБ-31, РБ-32, РБ-34* предназначены для неавтоматических коммутаций силовых электрических цепей переменного тока. Рубильники применяет для комплектации силовых ящиков, щитов, шкафов и других распределительных устройств.

Таблица 7.56

Технические характеристики РБ

Параметры	РБ-31	РБ-32	РБ-34
Род тока	переменный		
Номин, напряжение, В	380		
Номин. ток, А	100	250	400
Число полюсов	3		

Параметры	РБ-31	РБ-32	РБ-34
Род привода	боковой		
Размеры панели, мм	254×194×18		
Присоед. размеры, мм	230×160 (4 отв. диам.9)		
Вылет вала привода, мм	170(250)		
Габаритные размеры, мм	380×200×135	380×210×135	
Масса, кг	3,6	3,65	4,45

5. *Ящики с рубильником ЯРВ-100, ЯРВ-250, ЯРВ-400, ЯРВ-630* предназначены для защиты и неавтоматической коммутации силовых электрических цепей переменного тока. Климатическое исполнение УЗ. Для удобства монтажа — достаточно места для подключения питающих и отходящих кабелей. Металлический кожух обеспечивает безопасную эксплуатацию.

Таблица 7.57

Технические характеристики ЯРВ

Параметры	ЯРВ-100	ЯРВ-250	ЯРВ-400	ЯРВ-630
Род тока	переменный			
Номин, напряжение. В	380			
Номнн. ток, А	100	250	400	630
Число полюсов	3			
Размещение рукоятки привода	правое			
Высота	466	466	682	682
Ширина	357 (350)	357 (350)	356 (350)	356 (350)
Глубина	170	170	230	230
Масса, кг	12,4	12,9	18,8	19,5

Низковольтная сборка типа TUR (компания «Шнейдер Электрик»)

Низковольтная сборка типа TUR предназначена для распределения электрической энергии в электрических сетях низкого напряжения.

Основные электрические характеристики

Номинальное напряжение (В)	380
Номинальный ток вводного рубильника и ошиновки (А)	800, 1200, 1800
Номинальный ток отходящей линии (А)	400, 630
Номинальный ток предохранителей(плавкая вставка) (А)	125, 200, 250,400, 630
56504 Степень защиты	IP00
Максимальная мощность силового трансформатора (кВ·А)	1000
Максимальное число отходящих фидеров	12

Основные массо-габаритные параметры в скобках указаны размеры при укороченной рукоятке

Тип	Ток сборных шин	Кол-во фидеров	*H*	*L*	*P*	*E* (мм)	*F* (мм)
TUR-4-800 I	800	4	1407	533	454 (422)	415–465	590
TUR-4-1200 I	1200	4	1407	533	454 (422)	415–465	590
TUR-8-1200 I	1200	8	1407	848	454 (422)	730–780	590
TUR-8-1800 I	1800	8	1484	848	454 (422)	730–780	590
TUR-10-1200 I	1200	10	1407	1048	454 (422)	730–780	590
TUR-10-1800 I	1800	10	1484	1048	454 (422)	730–780	590
TUR-12-1200 I	1200	12	1407	1248	454 (422)	1130–1180	590
TUR-12-1800 I	1800	12	1484	1248	454 (422)	1130–1180	590

Обозначение и маркировка:

TUR (Tableau Urbain Reduit) — XX — YYYY — I

«Низковольтная сборка для распределительных сетей с уменьшенными габаритами»:

- XX — Количество отходящих линий (фидеров);
- YYYY — Номинальный ток вводного рубильника;
- I — (Interrupteur), вводной выключатель нагрузки (рубильник).

Конструкция:

Сборка выполнена на предохранителях, аналогичных ПН-2 (отечественного производства) с вертикальным расположением фаз одного присоединения. TUR состоит из следующих основных узлов:

- вводной рубильник типа ISERE;
- металлический опорный каркас к которому на опорных эпоксидных изоляторах крепятся сборные шины;
- сборные шины;
- отходящие моноблоки (фидеры).

Токоведущие части вводного рубильника типа ISERE заключены в пластмассовый корпус. На передней панели корпуса имеются отверстия для визуального наблюдения за положением главных контактов. Кроме того, на передней панели имеется механический индикатор гарантированного положения контактов. Ножи главных контактов с двойным разрывом цепи перемещаются вправо-влево ручным пружинным приводом. Пружинный привод имеет механизм срабатывания, не зависящий от оператора. Сначала рукояткой производится натяжение пружины, сжатие ее до «мертвой точки», переход через «мертвую точку» и гарантированное замыкание (размыкание) с определенным дозированным усилием контактной группы. Таким

образом обеспечивается независимость работы пружинного привода от скорости и усилий оператора.

Несущий металлический каркас предназначен для крепления на изоляторах сборных шин. К верхней части каркаса крепится вводной рубильник ISERE.

Сборные шины на изоляторах крепятся к опорному каркасу. Номинальный ток сборных шин — 800 А, 1200 А, 1800 А. В сборные шины вмонтированы невыпадающие болты, к которым крепятся отходящие моноблоки (фидеры).

Ремонтная изоляционная заглушка устанавливается при снятых предохранителях в случае ремонта кабеля. В этой заглушке имеются металлические штыри, которые вставляются в пинцеты предохранителя со стороны присоединения кабеля, и через них производятся испытания и проверка ОМП (определения места повреждения) кабеля.

Каждое присоединение сборки выполняется в виде отдельного моноблока в литом пластмассовом корпусе. Ширина блока — 100 мм. Шины для присоединения отходящих кабелей выводятся вниз ступенчато по глубине сборки, каждый предохранитель снабжается пластмассовой (прозрачной) ручкой, которая одновременно служит изоляционным экраном для защиты обслуживающего персонала от случайных прикосновений к токоведущим частям сборки.

В задней части моноблока (фидера) выведены токоведущие шины с посадочным местом для присоединения моноблока к сборным шинам. Крепление осуществляется на невыпадающий болт, закрепленный к сборным шинам. Оставшиеся свободные места можно закрыть изоляционной заглушкой. По бокам сборки устанавливаются изоляционные экраны.

7.7. Вакуумные дугогасительные камеры

Вакуумные дугогасительные камеры класса 1,14; 10; 35 кВ (ФГУП «НПП» Контакт», г. Саратов)

Вакуумная дугогасительная камера (ВДК) — основной элемент каждого вакуумного коммутационного аппарата.

Конструкция ВДК включает также контакты, токовводы, экраны, изоляционный корпус.

При размыкании цепи тока в вакуумной камере возникает электрическая дуга, которая гаснет при переходе отключаемого переменного тока через нулевое значение. Свойства дуги и эффективность её отключения зависят от расстояния между контактами, скорости их

размыкания, величины тока, материала и конструкции контактов. В большинстве камер нашего производства применены контакты, создающие аксиальное магнитное поле.

Оригинальность конструкции контактов камер последнего поколения заключается в том, что контактная поверхность выполнена в виде сферы, что дает большую площадь контакта по сравнению с плоскими контактами. Контактная группа работает следующим образом.

Ток к контактам подается через индукторы, имеющие вид двух полувитков. Возникающее при таком прохождении тока аксиальное поле удерживает дугу в диффузном состоянии и препятствует её выбросу за пределы контактов.

Это позволяет увеличить запас по отключаемому току и умень шить тепловую нагрузку на экраны.

Сердечник обеспечивает жесткость конструкции контактной группы при процессах, протекающих при гашении дуги (ударные нагрузки, электродинамические усилия).

Эти факторы обеспечивают успешное отключение больших токов короткого замыкания при меньших диаметрах контактов и при меньшем расстоянии между контактами.

Таблица 7.58

Технические характеристики вакуумных дугогасительных камер серии КДВ

Серия	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
КДВ2-1. 14-2.5/250ВЗ	1.14	250	2.5
КДВ2-1.1 4-4.0/400ВЗ	1.14	400	3.5
КДВ2-1. 14-5.0/630УХЛ2	1.14	630	5.0
КПВ2-1. 14-6.3/1000УХЛ2	1.14	1000	6.3
КДВА2-1.14-20/1000УХЛ2	1.14	1000	20
КДВЗ-1 0-5/400УХЛ2	10	400	5
КДВМ-21 УХЛ2.1А	10	400	4
КДВА2-10-12.5/800УХЛ2	10	800	12,5
КДВА2-10-20/1000УХЛ2	10	1000	20
КДВА2-1 0-20/1 250 УХЛ2	10	1250	20
КДВХ4-10-20/1600УХЛ2	10	1600	20
КДВА5-10-20/1600УХЛ2	10	1600	20
КПВА2-10-31.5/1600УХЛ2	10	1600	31,5
КДВА4-10-31, 5/1600УХЛ2	10	1600	31,5
КДВА2-10-31, 5/2000УХЛ2	10	2000	31,5
КДВАЗ-10-31.5/3150УХЛ2	10	3150	31,5
КДВЗ-35-31.5/1600УХЛ2.1	35	1600	31,5
КДВ2-35-25/1600УХЛ2.1	35	1600	25
КДВА-10-40/3150УХЛ2	10	3150	40

Камеры дугогасительные вакуумные (ОАО «Электрокомплекс», г. Минусинск)

Таблица 7.59

Технические характеристики вакуумных дугогасительных камер серии КДВ

Серия	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
КДВ1-250УЗ	1.14	250	3
КДВ12- 37 УЗ	1.14	400	3,45
КДВ2-10-5/400УХЛ2	10	400	5
КДВХЗ-10-20/1600УХЛ2	10	1600	20
КДВХЗ-10-31,5/1600УХЛ2	10	1600	31,5
КДВХ4-10-40/3150УХЛ2	10	3150	40
КДВ-35-25/1600УХЛ2	35	1600	25
КДВ-10-20/630, 1000УХЛ2	10	630, 1000	20

Таблица 7.60

Значения сопротивлений автоматических выключателей

$I_{ном}$, А	$R_а$, мОм	$X_а$, мОм
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,08
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05

Примечание:
Приведенные значения сопротивлений включают в себя сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов

Таблица 7.61

Приближенные значения активных сопротивлений разъемных контактов коммутационных аппаратов напряжением до 1 кВ

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм	
	рубильника	разъединителя
50	—	—
70	—	—
100	0,5	—
150	—	—
200	0,4	—

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм	
	рубильника	разъединителя
400	0,2	0,2
600	0,15	0,15
1000	0,08	0,08
2000	—	0,02
3000	—	0,02

8. Современные кабельные и воздушные линии

8.1. Общая характеристика кабелей с изоляцией из СПЭ

В настоящее время кабели с пластмассовой изоляцией активно заменяют кабели с бумажной изоляцией в классах среднего и высокого напряжения (10—220 кВ).

Среди пластмассовых изолирующих материалов наиболее современным является сшитый полиэтилен (СПЭ), отличающийся хорошими диэлектрическими свойствами и высокой термической стойкостью.

Для изоляции и оболочки кабеля используют полимерные материалы, обладающие большим диапазоном рабочих температур, малой гигроскопичностью, прочностью и легкостью. Эти качества обусловили преимущественное применение кабелей с изоляцией из СПЭ в развитых странах Европы и Америки.

Поставщиками силового кабеля с изоляцией из СПЭ являются не только предприятия ближнего и дальнего зарубежья, но и России: компания «АББ Москабель», ОАО «Электрокабель», «Севкабель-Холдинг», ОАО «Электрокабель «Кольчугинский завод» и др.

Условные обозначения кабелей с изоляцией из СПЭ

Материал жилы	Без обозначения	Медная жила, напр. ПвП 1×95/16–10
	А	Алюминиевая жила, напр. АПвП 1×95/16–10
Материал изоляции	Пв	Изоляция из сшитого (вулканизированного) полиэтилена, напр. ПвВ 1×95/16–10
Броня	Б	Броня из стальных лент, напр. ПвБп 3×95/16–10
	Ка	Броня из круглых алюминиевых проволок, напр. ПвКаП 1×95/16–10
	Па	Броня из профилированных алюминиевых проволок, напр. АПвПаП 1×95/16–10

Оболочка	П	Оболочка из полиэтилена,напр. АПвП 3×150/25–10
	Пу	Усиленная ребрами жесткости оболочка из полиэтилена, напр. АПвПу 3×150/25–10
	В	Оболочка из ПВХ пластиката, напр. АПвВ 3×150/25–10
	Внг	Оболочка из ПВХ пластиката пониженной горючести, напр. АПвВнг 3×150/25–10
	г (после обозначения оболочки)	Продольная герметизация экрана водонабухающими лентами, напр. АПвПг 1×150/25–10
	2г (после обозначения оболочки)	Поперечная герметизация алюминиевой лентой, сваренной с оболочкой, в сочетании с продольной герметизацией водонабухающими лентами, напр. АПвШг 1×300/35–64/110
Тип жилы	Без обозначения	Круглая многопроволочная жила (класс 2)
	(ож)	Круглая однопроволочная жила (класс 1), напр. АПвВ 1×50(ож)/16–10

Таблица 8.1

Основные характеристики изоляции из СПЭ и их сравнение с характеристиками бумажной изоляции для кабелей среднего напряжения

Параметры	Кабели с СПЭ изоляцией	Кабели с бумажной изоляцией
Длительно допустимая температура, °С	90	70
Допустимый нагрев в аварийном режиме, °С	130	100
Предельно допустимая температура при протекании тока КЗ, °С	250	200
Температура при прокладке без предварительного подогрева, не ниже, °С	–(15…20)	0
Относительная диэлектрическая проницаемость ε при $t = 20$°С	2,4	4,0
Коэффициент диэлектрических потерь tg δ при $t = 20$°С	0,001	0,008
Разница уровней на трассе прокладки, м	не ограничена	14

Главные преимущества кабелей с изоляцией из СПЭ по сравнению с кабелями с бумажной изоляцией:

– допустимые токи нагрузки на 20–30% больше;
– больший ток термической стойкости при КЗ;
– более низкие массогабаритные показатели;
– повреждаемость в 3…50 раз ниже;
– меньше затраты на ремонт;
– уменьшение времени и стоимости прокладки и монтажа.

Силовые кабели с изоляцией из СПЭ являются более предпочтительными, чем кабели с ПВХ изоляцией по следующим характеристикам:

– электрическому сопротивлению изоляции на 1 км длины при $t = 20°C$;
– длительно допустимой температуре нагрева жилы;
– длительно допустимой температуре нагрева жилы в аварийном режиме;
– максимально допустимой температуре жил при коротком замыкании;
– наружные диаметры и материалоемкость конструкций силовых кабелей с изоляцией из СПЭ значительно ниже (до 38 %) по сравнению с кабелем с ПВХ изоляцией.

Марки кабелей и преимущественная область их применения:

1. ПвВГ, АПвВГ — изоляция из СПЭ, оболочка из поливинилхлоридного пластиката. Применяются для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик.
2. ПвВГнг, АПвВГнг — то же, оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести. Применяются там же, где и кабели пп.1, но для групповой прокладки.

Таблица 8.2

Сравнительные характеристики силовых кабелей с ПВХ изоляцией и кабелей с изоляцией из СПЭ

Параметры	Кабель с изоляцией из ПВХ	Кабель с изоляцией из СПЭ
Электрическое сопротивление изоляции на 1 км длины при $t = 20°$ С, не менее, МОм/км	7	150
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С, не более	70	90
Длительно допустимая температура нагрева жилы в аварийном режиме, °С, не более	80	130
Максимально допустимая температура жил при коротком замыкании, °С, не более	160	250
Срок службы, лет, не менее	30	30
Максимальная разность уровней при прокладке, м, не более	Без ограничения разности уровней	Без ограничения разности уровней
Минимальный радиус изгиба при прокладке, не менее, ($D_н$ — наружный диаметр кабеля)	7,5 $D_н$	7,5 $D_н$

3. ПвБбШв, АПвБбШв — изоляция из СПЭ, защитный покров типа БбШв. Применяются для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиноч-

ных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик.

4. ПвБбШнг, АПвБбШнг — изоляция из СПЭ, защитный покров типа БбШнг. Применяются для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях.
5. АПвБбШп, АПвБбШп — то же, с защитным покровом типа БбШп. Применяются для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Могут быть проложены в грунтах с повышенной влажностью и в воде.

Сравнение длительно допустимых токовых нагрузок при прокладке кабелей с ПВХ изоляцией и с изоляцией из сшитого полиэтилена приведено в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Техническая характеристика изоляции кабелей по длительно допустимому току

Номинальное сечение жил, мм^2	Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей, А							
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами					
	с ПВХ изоляцией		С СПЭ изоляцией		с ПВХ изоляцией		С ШЭ изоляцией	
	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе
16	71	62	87	78	93	81	113	101
25	93	81	113	102	121	107	147	133
35	112	101	137	126	147	131	178	164
50	136	126	166	158	178	164	217	205
70	165	155	201	194	220	210	268	262
95	197	189	240	237	260	254	316	318
120	224	219	272	274	298	299	363	372
150	254	254	310	317	337	344	410	429
185	286	291	384	363	378	392	459	488
240	330	343	401	428	435	464	529	579

Сравнение допустимых токов односекундного короткого замыкания кабелей с ПВХ изоляцией и с изоляцией из сшитого полиэтилена приведено в табл 8.4.

Таблица 8.4

Техническая характеристика изоляции кабелей по току КЗ

Номинальное сечение жил, мм^2	Допустимые токи односекундного короткого замыкания кабелей, кА			
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами	
	с ПВХ изоляцией	с СПЭ изоляцией	с ПВХ изоляцией	с СПЭ изоляцией
16	1,22	1,40	1,84	2,16
25	1,90	2,24	2,88	3,46
35	2,66	3,09	4,03	4,80
50	3,80	4,18	5,75	6,50
70	5,32	6,12	8,05	9,38
95	7,22	8,48	10,93	13,00
120	9,12	10,71	13,80	16,43
150	11,40	13,16	17,25	20,26
185	14,07	16,53	21,27	25,35
240	18,25	21,70	27,60	33,32

При прокладке в земле токовые нагрузки рассчитаны для глубины прокладки 0,7 м при удельном термическом сопротивлении почвы 1,2°С м/Вт.

Допустимые токовые нагрузки и допустимый ток односекундного короткого замыкания приведены для температуры окружающей среды 15°С при прокладке в земле и 25°С при прокладке на воздухе.

8.2. Силовые кабели с СПЭ изоляцией различных производителей

Компания «АББ Москабель» выпускает следующие виды силовых кабелей с СПЭ изоляцией:

- одножильные на напряжение 10 кВ;
- трехжильные на напряжение 10 кВ;
- одножильные на напряжение 35 кВ;
- одножильные на напряжение 110 кВ;
- одножильные на напряжение 220 кВ.

Марки выпускаемых кабелей и преимущественная область их применения: ПвП (ПвПу), АПвП (АПвПу), ПвВ (ПвВнг), АПвВ (АПвВнг), а также ПвПаП, АПвПаП, ПвКаП, АПвКаП, бронированные алюминиевыми круглыми или плоскими проволоками.

1. Область применения одножильных кабелей на напряжение 10 кВ. ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу — для прокладки в земле (ПвПу, АПвПу — на сложных участках трасс), а также на воздухе при условии обеспечения мер противопожарной защиты. Кабели с продольной герметизацией — для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых помещениях.

ПвВ, АПвВ, ПвВнг, АПвВнг — для прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях (ПвВнг, АПвВнг — применяются при групповой прокладке), а также для прокладки в сухих грунтах.

2. Область применения трехжильных кабелей на напряжение 10 кВ.
   ПвП, ПвПу, АПвП, АПвПу — для прокладки в земле, а также на воздухе при условии обеспечения мер противопожарной защиты (ПвПу, АПвПу — на сложных участках трасс).
   ПвВ, АПвВ, ПвВнг, АПвВнг — для прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях (ПвВнг, АПвВнг — применяются при групповой прокладке), а также для прокладки в сухих грунтах.
3. Область применения одножильных кабелей на напряжение 35 кВ.
   ПвП, ПвПу, АПвП, АПвПу — для прокладки в земле (ПвПу, АПвПу — на сложных участках трасс), а также на воздухе при условии обеспечения мер противопожарной защиты. Кабели с продольной герметизацией — для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в сырых, частично затапливаемых помещениях.
   ПвВ, АПвВ, ПвВнг, АПвВнг — для прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях (ПвВнг, АПвВнг — применяются при групповой прокладке), а также для прокладки в сухих грунтах.

Силовые кабели с СПЭ изоляцией (ОАО «Электрокабель «Кольчугинский завод»»)

ОАО «Электрокабель «Кольчугинский завод» выпускает следующие марки кабелей с изоляцией из СПЭ:

1. ПвВГ на 1 кВ — с медными жилами, в ПВХ оболочке; для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при отсутствии опасных механических повреждений.
   ПвВнг (А)-LS на 1 кВ — с медными жилами, в оболочке из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности; для групповой прокладки кабельных линий в кабельных сооружениях при отсутствии механических повреждений, в том числе во взрывоопасных зонах.
   АПвВГ и АПвВнг (А)-LS — то же, но с алюминиевыми жилами.
2. ПвБбШв на 1 кВ — с медными жилами, в оболочке из ПВХ пластиката; для прокладке в земле (траншеях) за исключением пучинистых и просадочных грунтов и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях.

ПвБбШнг (А)-LS на 1 кВ — с медными жилами, бронированные, с наружной оболочкой из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности; предназначены для групповой прокладки кабельных линий в кабельных сооружениях, в том числе во взрывоопасных зонах.

АПвБбВГ и АпвБбШнг (А) -LS — то же, но с алюминиевыми жилами.

Диапазон температур эксплуатации для а) и б)

ПвВГ, АПвВГ, ПвБбШв, АпвБбШв: –50…+50°С.

ПвВГ(А)-LS, АПвВГ(А)-LS, ПвБбШнг (А)-LS, АПвБбШнг (А)-LS: –40…+50°С.

3. ПвБбШп (АПвБбШп), ПвзБбШп (АПвзБбШп) — с медными (алюминиевыми) жилами, бронированные, с наружной оболочкой из полиэтилена; для прокладки в земле (траншеях) независимо от степени коррозионной активности грунтов и грунтовых вод, за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в воде.

   Допускается прокладка в кабельных сооружениях при условии обеспечения дополнительных мер противопожарной защиты, например, нанесение огнезащитных покрытий. Диапазон температур эксплуатации –60…+50°С.

4. ПвзБбШп(АПвзБбШп) — с медными (алюминиевыми жилами, с герметизирующим заполнением междужильного пространства на напряжение 1 кВ; при точечном повреждении этих кабелей ремонтируется только соединительная муфта. Так как уже разработаны специальные муфты для соединения кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией с кабелями с изоляцией из СПЭ, то применение последних возможно не только при прокладке новых линий, но и при ремонте существующих.

Кроме указанных выше преимуществ кабелей с СПЭ изоляцией, эти кабели имеют:

- высокое сопротивление к растеканию под напряжением;
- высокую стойкость к истиранию;
- повышенное сопротивление к удару и растяжению;
- низкие диэлектрические потери, которые в 8 раз ниже, чем у кабелей с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ);
- низкую стоимость по сравнению с кабелями БПИ;
- лучшую приспособленность к условиям частых перегрузок, КЗ, а также к прокладке в загрязненных почвах;
- большую механическую прочность при прокладке.

Кабели предназначены для прокладки в траншеях независимо от коррозионной активности грунтов, за исключением пучинистых и

просадочных грунтов, для прокладки в грунтах с повышенной влажностью и в воде.

Кроме того, данное предприятие выпускает следующие виды кабелей стандартных сечений:

- нерастпространяющие горение с низким дымо- и газовыделением на напряжения 0,66 кВ, 1 кВ и 6 кВ, частотой 50 Гц;
- в холодостойком исполнении (ХЛ) на напряжение 0,66 кВ и 1 кВ при температуре окружающей среды –60°С...+40°С;
- силовые с изоляцией из СПЭ на напряжение 10, 20 и 35 кВ; эти кабели имеют те же преимущества, что и низковольтные, в том числе: срок службы не менее 30 лет, гарантийный срок эксплуатации 5 лет, продолжительность работы кабеля в режиме перегрузки не более 8 ч в сутки.

Область применения силовых кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10, 20 и 35 кВ приведена ниже.

- ПвП, АПвП — кабель предназначен для прокладки в земле (в траншеях), если кабель защищен от механических повреждений;
- ПвПу, АПвПу — кабель предназначен для прокладки в земле (в траншеях), если кабель защищен от механических повреждений.

Для кабелей вышеуказанных марок при наличии в конструкции герметизирующих элементов в обозначении марки кабеля добавляются индексы; «г» — водоблокирующие ленты герметизации металлического экрана; «Гг» — алюминополимерная лента поверх герметизированного экрана.

- ПвВ, АпвВ — кабель предназначен для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях;
- ПвВнг-LS, АПвВнг-LS — кабель предназначен для групповой прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях.

8.3. Пожаробезопасные силовые кабели *(ЗАО «Завод Москабель»)*

Пожаробезопасные силовые кабели можно условно разделить на две группы:

- силовые кабели, не распространяющие горение, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов (с индексом - нг - HF): ППГнг-HF, ПБбПнг-HF, ПвПГнг-HF;
- силовые кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением (с индексом - нг-LS).

1. ППГнг-HF — кабели силовые с медными жилами, изоляция и оболочка из полимерных композиций, не содержащих галогенов. Прокладка

в кабельных сооружениях и помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 16…240 мм^2.

2. ПБбПнг-HF — то же, бронированные. Прокладка в кабельных сооружениях и помещениях, при наличии опасности механических повреждений в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 16…240 мм^2.
3. ПвПГнг-HF — силовые кабели с медными жилами, изоляция из сшитого полиэтилена, оболочка из полимерной композиции, не содержащей галогенов. Прокладка в кабельных сооружениях и помещениях, при отсутствии опасности механических повреждении в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 16…35 мм^2.

Для всех трех категорий номинальное напряжение 1 кВ.

1. АПвВГнг-LS — кабели силовые с алюминиевыми жилами, изоляция из вулканизированного полиэтилена, оболочка из ПВХ пластиката пониженной горючести с низким дымо- и газовыделением без защитного покрова. Прокладка в кабельных сооружениях, помещениях и сооружениях метрополитенов, в т.ч. в пожароопасных зонах, при отсутствии опасности механических повреждений в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 50... 625; 16... 240 мм^2. Номинальное напряжение 1 кВ.
2. ПвВГнг-LS — то же, с медными жилами.
3. ВБВнг-LS — кабели силовые бронированные, с медными жилами, с изоляцией и наружным шлангом из ПВХ композиции пониженной пожароопасности, с низким дымо- и газовыделением. Прокладка в кабельных сооружениях, помещениях и сооружениях метрополитенов, в том числе в пожароопасных и взрывоопасных зонах, при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 50…625; 240…625; 16…240 мм^2.
4. АВБВнг-LS — то же, с алюминиевыми жилами, за исключением взрывоопасных зон классов В-1 и В-1а.
5. АПвБВнг-LS — кабели силовые бронированные с алюминиевыми жилами, изоляция из вулканизированного полиэтилена, наружный шланг из ПВХ пластиката пониженной горючести и с низким дымо- и газовыделением. Прокладка в кабельных сооружениях, помещениях и сооружениях метрополитенов, в т.ч. в пожароопасных зонах, при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 50...625; 16...240 мм^2.
6. ПвБВнг-LS — то же, с медными жилами.

7. АВВГнг-LS — кабели силовые с алюминиевыми жилами, изоляция и оболочка из ПВХ композиции пониженной горючести с низким дымо- и газовыделением без защитного покрова. Прокладка в жароопасных помещениях, при условии отсутствия опасности механических повреждений. Номинальные сечения: 16...240; 16...35; 50...240 мм^2.
8. ВВГнг-LS — то же, с медными жилами.
9. АВБбШВнг-LS — кабели силовые с алюминиевыми жилами с изоляцией из ПВХ композиции пониженной пожароопасности, с защитным покровом типа БбШв со шлангом из ПВХ композиции пониженной пожароопасности с низким дымо- и газовыделением. Прокладка в кабельных сооружениях и помещениях, в том числе в пожароопасных зонах, при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации. Номинальные сечения: 16...240 мм^2.
10. ВБбШвнг-LS - то же, с медными жилами.

8.4. Безгалогенные пожаробезопасные кабели *(концерн «Энергопром»)*

При возникновении пожара в сооружениях, имеющих высокую концентрацию людей (жилые и общественные здания, метрополитен, вокзалы, театры и т.п.), наибольшую опасность для жизни людей представляют выделяемые при горении полимеров отравляющие газы — галогены.

Известно, что 1 кг ПВХ (поливинилхлорида), используемого в качестве изоляции и оболочки проводов и кабелей, выделяет при горении до 180 л хлороводорода. Поэтому горение изделий, изготовленных из этих материалов, опасно как для людей, так и для конструкционных частей зданий, электрических, электронных и механических элементов оборудования. Из-за большого количества дыма в случае пожара сильно осложняются спасательные работы.

Использование безгалогенных материалов, которые не выделяют при горении ядовитый и коррозийный дым, устраняет опасность.

Кроме того, при пожаре из строя выходят от разрушения от огня такие жизненно важные системы, как пожарная сигнализация, спасательные лифты, вентиляция, а также системы, обеспечивающие поддержку производств непрерывного цикла.

Для решения этой проблемы концерном «Энергопром» были разработаны кабели, которые, кроме свойств безгалогенности и нераспространения горения, обеспечивают еще и функционирование в условиях прямого воздействия на них огня (до 180 минут в соотве-

тствии с требованиями МЭК). Это в большинстве случаев позволяет завершить тушение пожара, эвакуировать людей и обеспечить бесперебойность работы производств непрерывного цикла.

Для обеспечения отечественных потребителей столь необходимыми безгалогенными и пожаробезопасными кабелями и проводами концерн «Энергопром» разработал ТУ на отечественный вариант данной продукции.

Серия кабелей марки «Энерготерм-90» охватывает практически всю гамму наиболее распространенных кабелей и установочных проводов с пластмассовой и резиновой изоляцией. В данной серии представлены кабели силовые и контрольные, на напряжение 0,5 и 1,0 кВ, кабели с различной гибкостью жил.

В табл. 8.5. представлена система обозначений безгалогенных, пожаробезопасных кабелей марки «Энерготерм-90».

Таблица 8.5

Система обозначений безгалогенных, пожаробезопасных кабелей марки «Энерготерм-90»

Н(А)	безгалогенный, не распространяющий горения по категории А МЭК 60332-3					
Н(В)	безгалогенный, не распространяющий горения по категории В МЭК 60332-3					
Н(С)	безгалогенный, не распространяющий горения по категории С МЭК 60332-3					
	О(30)	огнестойкий в соответствии с МЭК 60331 в течение 30 мин				
	О(60)	огнестойкий в соответствии с МЭК 60331 в течение 60 мин				
	О(90)	огнестойкий в соответствии с МЭК 60331 в течение 90 мин				
	О(180)	огнестойкий в соответствии с МЭК 60331 в течение 180 мин				
		Р	радиационностойкий, выдерживающий испытания по методикам, имитирующим аварию с потерей теплоносителя на АЭС (LOCA)			
			0,5	номинальное рабочее напряжение 0,5 кВ		
			1	номинальное рабочее напряжение 1,0 кВ		
				М(1)	медная жила класса 1 по ГОСТ 22483	
				М(2)	медная жила класса 2 по ГОСТ 22483	
				М(3)	медная жила класса 3 по ГОСТ 22483	
				М(4)	медная жила класса 4 по ГОСТ 22483	
				М(5)	медная жила класса 5 по ГОСТ 22483	
				М(6)	медная жила класса 6 по ГОСТ 22483	
				А(1)	алюминиевая жила класса 1 по ГОСТ 22483	
				А(2)	алюминиевая жила класса 2 по ГОСТ 22483	
					С	наличие экрана
					К	наличие концентрического провода
				**Особенности конструкции		
			*Рабочее напряжение			
*, ** Характеристики пожаробезопасности						

Ниже приведены технические характеристики проводов и кабелей, теплостойких, монтажных серии «Энерготерм» с высоким температурным индексом (–60°С…+180°С; 250°С; 400°С; 600°С; 800°С), с высокой влагостойкостью и гибкостью (рабочее напряжение 660 В).

Технические характеристики проводов и кабелей

ЭНЕРГОТЕРМ 180М (ПТМК)	ЭНЕРГОТЕРМ 400М (ПТМС)
Медная жила	Медная жила
Класс гибкости жил — 4 и 5	Класс гибкости жил — 4 и 5
Число жил — 2, 3, 4	Число жил — 1, 3, 4
Сечение 0,75–35 мм^2	Сечение 1,0–16 мм^2
Изоляция из теплостойкого, безгалогенового полимера (возможно разного цвета)	Обмотка огнестойкими лентами с пропиткой
Безгалогеновое заполнение	Обмотка стеклолентой
Обмотка стеклолентой:	Обмотка стеклолентой.
вариант *а* — оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой	Оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой
вариант *б* — оболочка из теплостойкого безгалогенового полимера	
Рабочая температура от –60°С до +180°С	Рабочая температура от –60°С до +400°С.

Применение: доменный, мартеновский, литейный цеха; прокатный стан, участок термической обработки, нефтеперегонная колонна; производство цемента, аммиака, стекла; теплоэлектростанции, атомные электростанции — все эти участки объединяет одно условие — высокая (до 1000°С и выше) температура.

8.5. Кабели с пониженным дымо- и газовыделением *(ОАО «Севкабель»)*

1. ВВГнг-LS, АВВГнг-LSira напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ.
2. ВВГнг-П LS, АВВГнг-П LS.

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:

- *жила:* алюминиевая или медная (П — изолированные жилы уложены параллельно в одной плоскости);
- *изоляция:* ПВХ пониженной пожароопасности;
- *защитные покровы:* оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности.

3. ВБбШв нг-LS, АВБбШв нг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1кВ.

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:

- *жила:* алюминиевая или медная;
- *изоляция:* сплошная ПВХ пониженной пожароопасности;
- *защитные покровы:* типа Шв.

4. КВВГЭнг-LS, КВВГнг-LS на напряжение 0,66 кВ Кабели контрольные, не распространяющие горение с низким газо- и дымовыделением.

Конструкция:

- *жила:* медная;
- *изоляция:* сплошная, ПВХ, пониженной пожароопасности;
- *защитные покровы:* оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности;
- Э — общий экран поверх скрученных жил: алюминиевая или медная фольга.

8.6. Кабели силовые, не распространяющие горение, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов, (К) ППГ (Э) нг-HF, (К) ПБбПнг-HF, ПвПГнг-HF *(ОАО «Севкабель»)*

Кабели силовые, не распространяющие горение, безгалогенные, предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 0,66 и 1 кВ частотой до 100 Гц, в том числе для эксплуатации в системах АС класса 3Н по классификации ПНАЭГ-1-011-97.

Кабели рекомендуют для прокладки в производственных и офисных помещениях, в которых установлены компьютеры, а также в сооружениях метрополитена, жилых и общественных зданиях (в кинотеатрах, медицинских и учебных учреждениях, магазинах и т. п.).

Характеристика пожарной безопасности: дымовыделение при горении и тлении кабеля, а также коррозионная активность продуктов горения кабеля соответствуют требованиям МЭК.

Конструкция:

- *жила:* медная (алюминиевая), одно- или многопроволочная;
- *изоляция:* полимерная композиция, не содержащая галогенов, для кабеля марки ПвПГнг-HF — сшитый полиэтилен;

– *внутренняя оболочка:* полимерная композиция, не содержащая галогенов;
– *броня:* для кабеля марки ПБбПнг-HF стальные оцинкованные ленты;
– *наружная оболочка:* полимерная композиция, не содержащая галогенов.

Срок службы кабелей — не менее 30 лет при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, прокладки (монтажа) и эксплуатации, указанных в технических условиях.

8.7. Кабели различного назначения
(«НП» Подольскабель»)

1. 1. Кабели для питания электродвигателей погружных насосов при добыче нефти типов КПБК, КПБП, КППБ ПТ, КППБКТ; с медными жилами, полиэтиленовой изоляцией, бронированные («К» — круглые, «П» — плоские); могут эксплуатироваться при температуре от –60°С до +90°С (КПБК, КПБП) или от –60°С до +120°С (КППБКТ, КППБПТ).
   Марка и сечение кабелей (мм^2):
   – КПБК — 3×10, 3×16, 3×25;
   – КПБП — 3×10, 3×16, 3×25, 3×35;
   – КППБКТ — 3×10, 3×16;
   – КППБПТ — 3×6, 3×10, 3×16, 3×25, 3×35.
2. Кабели пониженной горючести ВВГНГ, стойкие к воздействию температуры от –50°С до +50°С; предназначены для передачи и распределения электроэнергии на напряжении 0,66 кВ частотой 50 Гц.
3. Кабели ППГНГ — HF — силовые кабели с медными жилами с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов; $U_{ном}$ = 0,66 кВ; 1 кВ.
4. Кабели ПВВНГ — FRHF — силовые кабели с медными жилами с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов, огнестойкие.
5. Кабели ВВГНГ — LS, ВБбШВНГ — LS — кабели силовые, с пониженным дымовым и газовыделением.

Силовые кабели (ОАО «Камкабель»)

1. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ; среди них кабели марок АПВБбШНГ(А) — LS, ПвБбШНГ(А) — LS имеют обмотку из стеклослюдосоедржащей

ленты; индекс (А) означает, что кабели не распострвняют горение, а индекс LS означает низкое дымо- и газовыделение; применяются для групповой прокладки в кабельных сооружениях, в том числе во взрывоопасных зонах (ПвБбШНГ(А)-LS).

2. Силовые кабели с изоляцией из СПЭ на напряжение 1 кВ марок АПВВНГ(А)-LS и ПВВНГ(А)-LS имеют те же характеристики и области пременения, что и кабели пп.1.
3. Силовые кабели с изоляцией из СПЭ на напряжение 10 кВ предназначены для замены морально устаревших кабелей с пропитанной бумажной изоляцией (БПИ). Применяются для сетей с изолированной и заземленной нейтралью. Не распространяют горение кабели марок ПВВ, АПВВ при одиночной прокладке, а кабели марок ПВВНГ-LS и АПВВНГ-LS — при прокладке в пучках. Кроме того, кабели марки ПВВНГ-LS могут быть использованы для прокладки во взрывоопасных зонах.

Технические характеристики силовых кабелей с СПЭ изоляцией

Марка кабеля	Номинальное напряжение, кВ	Число жил	Сечение, мм^2
АПвВГ, АПвБбШв, ПвВГ, ПвБбШв	1,0	1–5	1,5–240
Т АПвБбШп,АПвВнг(А)-LS, АПвБбШнг(А)-LS, ПвБбШп,ПвВнг(А)-LS, ПвБбШнг(А)-LS	1,0	4; 5	4–240
ПвВГнг-LS, ПвБВнг-LS АПвВГнг-13, АПвБВнг-13	1,0	1; 3–5	50–625; 2,5–240
АПвП, АПвПу, V АПвПг, АПвПуг, АПвВнг-LS, ПвП, ПвПг, ПвП2г, ПвПу, ПвПуг, ПвПу2г, ПвВ, ПвВнг-LS	10	1	50–800

4. Кабели нагревательные марок КНППоБ и КНСППоБ предназначены для борьбы с отложениями парафина и гидратными пробками на нефтяных добывающих скважинах.

Технические характеристики плоского кабеля

	Число жил, сечение, мм^2	Толщина изоляции, мм	Расчетные наружные размеры, мм
КНППоБ	4×5,5	2,0	10,4×32,7
КНСППоБ	3×5,5	2,0	10,4×25,2

Применение нагревательных кабелей обеспечивает:
– полную чистоту трубопровода;

- непрерывную работу скважины;
- постоянный пиковый дебет скважины;
- сокращение в 3–4 раза числа подземных ремонтов скважин;
- увеличение межобрывного периода работы колонны насосных штанг;
- исключение применения других способов отчистки, безопасность и простоту монтажа, обслуживания системы.

Буквенные обозначения марок кабелей:

- А — (первая буква) — алюминиевая жила;
- А (вторая буква) — алюминиевая оболочка;
- Б — бронепокров из плоских лент;
- б — отсутствие подушки у защитного покрова;
- В — ПВХ оболочка (первая буква) или изоляция жил (вторая буква) при расположении в начале или в середине обозначения марки; В через дефис в конце обозначения — обедненно-пропитанная изоляция;
- в — в середине обозначения — изоляция из вулканизированного полиэтилена; в конце обозначения — подушка защитного покрова с поливинил-хлоридным шлангом;
- Г — отсутствие наружного покрова поверх брони или металлической оболочки;
- К — бронепокров из стальных круглых проволок;
- л — усиленная подушка у защитного покрова;
- 2л — особо усиленная подушка у защитного покрова;
- Н — резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горения;
- н — негорючий наружный покров у защитного покрова;
- О — отдельная оболочка каждой жилы;
- П — в начале или в середине обозначения — полиэтиленовая оболочка или изоляция жил; в конце обозначения — бронепокров из стальных плоских проволок;
- п — подушка с полиэтиленовым шлангом у защитного покрова;
- Р — резиновая изоляция жил;
- С — свинцовая оболочка;
- с — изоляция из самозатухающего полиэтилена;
- СТ — стальная гофрированная оболочка;
- У — в конце обозначения — кабели, изготовленные после 1/IV 1985 г.
- Ц — бумажная изоляция с нестекающим составом на основе церезина;

– Шв — наружный покров из поливинилхлоридного шланга;
– Шп — наружный покров из полиэтиленового шланга.

Медные жилы, бумажная пропитанная изоляция, подушка нормального исполнения и нормальный наружный покров во всех марках не имеют буквенных обозначений.

Силовые кабели с нестекающей изоляцией, с пластмассовой и резиновой изоляцией допускают прокладку на трассах с неограниченной разностью уровней между высшей и низшей точками их расположения.

Таблица 8.6

Активные и реактивные сопротивления кабелей

Сечение жилы, $мм^2$	Активное сопротивление при 20°С, Ом/км, жилы		Индуктивное сопротивление, Ом/км, кабеля напряжением, кВ			
	алюминиевой	медной	1	6	10	20
10	2,94	1,79	0,073	0,11	0,122	—
16	1,84	1,12	0,068	0,102	0,113	—
25	1,7	0,72	0,066	0,091	0,099	0,135
35	0,84	0,51	0,064	0,087	0,095	0,129
50	0,59	0,36	0,063	0,083	0,09	0,119
70	0,42	0,256	0,061	0,08	0,086	0,116
95	0,31	0,19	0,06	0,078	0,083	0,110
120	0,24	0,15	0,06	0,076	0,081	0,107
150	0,2	0,12	0,059	0,074	0,079	0,104
185	0,16	0,1	0,059	0,073	0,077	0,101
240	0,12	0,07	0,058	0,071	0,075	—

Таблица 8.7

Наибольшая допустимая разность уровней кабелей с бумажной пропитанной изоляцией

$U_{ном}$, кВ	Пропитка изоляции	Кабели	Разность уровней, м
1 и 3	Вязкая	Небронированные: в алюминиевой оболочке в свинцовой оболочке Бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	25 20 25
	Обедненная	Небронированные и бронированные: в алюминиевой оболочке в свинцовой оболочке	Без ограничения 100
6	Вязкая	Небронированные и бронированные: в алюминиевой оболочке в свинцовой оболочке	20 15
	Обедненная	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	Без ограничения
10	Вязкая	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	15

Окончание таблицы 8.7

$U_{ном}$, кВ	Пропитка изоляции	Кабели	Разность уровней, м
10	Обедненная	То же	Без ограничения
20 и 35	Вязкая	Небронированные и бронированные в алюминиевой или свинцовой оболочке	15

Таблица 8.8

Допустимая кратковременная перегрузка кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,0
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Таблица 8.9

Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,30	1,25	1,15
	В трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10

Таблица 8.10

Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопро-водящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	80	70			
10	140	105	95	80		ос
16	175	140	120	105	95	115

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880		570	510	460	—
300	1000	—	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1520	—	—	—	—	—
800	1700	—	—	—	—	—

Таблица 8.11

Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	—	135	120	—
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	—
185	615	545	510	—
240	715	625	585	—

Таблица 8.12

Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	55	45	—	—	—

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
10	95	75	60	55	—	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	—	375	325	305	340
240	610	—	430	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
625	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

Таблица 8.13

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	65
16	135	ПО	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	—	—	—	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

Таблица 8.14

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	—	105	90	—
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
20	390	330	305	360
150	435	385	345	—
185	475	420	390	—
240	550	480	450	—

Таблица 8.15

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевымижилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	42	35			
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	ПО	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	
300	555	—				
400	675	—				
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Таблица 8.16

Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

Таблица 8.17

Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токопроводящей жилы, $мм^2$	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

Таблица 8.18

Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение жилы, $мм^2$	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	—	—	—
95	240	275	180	—	—	—
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	—	230
185	355	390	265	—	—	—

Таблица 8.19

Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	—	—	—
35	105	110	75	—	—	—
50	125	140	90	—	—	—
70	155	175	115	—	—	—
95	185	210	140	—	—	—
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	—	175
185	275	300	205	—	—	—

Таблица 8.20

Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное сопротивление, см · К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9%, песчано-глинистая почва влажностью более 1%	80	1,05
Нормальные почва и песок влажностью 7–9% , песчано-глинистая почва влажностью 12–14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8–12%	200	0,87
Песок влажностью до 4%, каменистая почва	300	0,75

Таблица 8.21

Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	85/–	—	—
16	120/–	—	—
25	145/–	105/110	—
35	170/–	125/135	—
50	215/–	155/165	—

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
70	260/–	185/205	—
95	305/–	220/255	—
120	330/–	245/290	240/265
150	360/–	270/330	265/300
185	385/–	290/360	285/335
240	435/–	320/395	315/380
300	460/–	350/425	340/420
400	485/–	370/450	—
500	505/–	—	—
625	525/–	—	—
800	550/–	~	~

*В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35–25 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником

Таблица 8.22

Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	65/–	_	_
16	90/–	—	—
25	110/–	80/85	—
35	130/–	95/105	—
50	165/–	120/130	—
70	200/–	140/160	—
95	235/–	170/195	—
120	255/–	190/225	185/205
150	275/–	210/255	205/230
185	295/–	225/275	220/255
240	335/–	245/305	245/290
300	355/–	270/330	260/330
400	375/–	285/350	—
500	390/–	—	—
625	405/–	—	—
800	425/–	—	—

*В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35–125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником

Таблица 8.23

Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица 8.24

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 8.24 как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92

Таблица 8.25

Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, питающих	
	одножильных	многожильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использованиядо 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использованияболее 0,7
Многослойно и пучками	—	до 4	1,0	—
	2	5–6	0,85	—
	3-9	7–9	0,75	—
	10–11	10–11	0,7	—
	12–14	12–14	470	—
			0,65	
	15–18	15–18	0,6	—
Однослойно	2–4	2–4	—	0,67
	5	5	—	0,6

Таблица 8.26

Основные расчетные данные трехфазных кабелей с медными жилами

Напряжение, кВ	Сечение жилы, мм^2	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м
		при прокладке в траншее	при прокладке на конструкциях		
6	10	80	55	41	310
	16	105	65	46	370
	25	135	90	47	445
	35	160	110	49	524
	50	200	145	52	600
	70	245	175	59	690
	95	295	215	61	790
	120	340	250	64	865
	150	390	290	66	935
	185	440	325	70	1020
	240	510	375	72	1150
10	16	95	60	38	535
	25	120	85	37	650
	35	150	105	43	730
	50	180	135	44	860
	70	215	165	45	1010
	95	265	200	49	1120
	120	310	240	53	1210
	150	355	270	54	1320
	185	400	305	58	1440
	240	460	350	60	1570

Таблица 8.27

Основные расчетные данные трехфазных кабелей с алюминиевыми жилами

Напряжение, кВ	Сечение жилы, мм^2	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м
		при прокладке в траншее	при прокладке на конструкциях		
	10	60	42	40	185
	16	80	50	45	220
	25	105	70	50	260
	35	125	85	51	310
	50	155	110	54	360
6	70	190	135	59	410
	95	225	165	61	470
	120	260	190	64	510
	150	300	225	67	560
	185	340	250	69	600
	240	390	290	70	680
	16	75	46	36	400
	25	90	65	39	510
	35	115	80	42	560
	50	140	105	44	660
10	7095	165205	130155	4450	780860
	120	240	185	54	930
	150	275	210	56	1010
	185	310	235	57	1100
	240	355	270	58	1250

9. Шинопроводы в системах электроснабжения предприятий, зданий и сооружений*

Общие сведения

Токопроводы напряжением до 1 кВ с изолированными шинами, заключенными в жесткую оболочку, изготавливаемые на заводе и поставляемые комплектно на место монтажа, называют шинопроводами. По назначению шинопроводы подразделяют на магистральные, распределительные, осветительные и троллейные.

Магистральные шинопроводы (МШ) применяют на переменном токе для соединения трансформатора с ГРЩ либо ВРУ или в блоке

* В подготовке материала для этой главы принимали участие сотрудники «ВСК Электро»: Воронин С.В., Курочкин Н.Н., Мокринский С.П.

трансформатор — магистраль. На отходящих от ГРЩ или ВРУ линиях МШ применяют для питания энергоемких потребителей, распределительных щитов или для подключения распределительных шинопроводов. На постоянном токе МШ применяют для выполнения электрических сетей в промышленных установках постоянного тока на напряжение до 1,2 кВ (например, для соединения машинных или статических преобразователей с электродвигателями главных приводов прокатных станов). МШ постоянного тока выпускают на токи от 1,6 кА до 5,0 кА, МШ переменного тока — от 0,8 до 4,25 кА с алюминиевыми и 1,0 — 6,3 кА с медными шинами.

Распределительные шинопроводы (РШ) применяют для выполнения магистралей с большим числом подсоединений различных индивидуальных потребителей (например, станочного оборудования, распределительных щитков), а также для подачи питания на осветительные шинопроводы.

РШ выпускают на токи от 40 до 800 А.

Разновидностью РШ могут быть напольные шинопроводы, прокладываемые под фальшполами для выполнения модульных совмещенных сетей. Такие сети обычно выполняют в административных, торговых, выставочных и других зданиях (например, при совмещении электросети с сетями ПК, радио, связи, ТВ, источников бесперебойного питания, для рабочих мест операторов). Напольные РШ выпускают на токи от 25 до 63 А.

Осветительные шинопроводы применяют для подключения осветительных приборов или потребителей небольшой мощности и выпускают на токи от 25 до 40 А.

Троллейные шинопроводы (ТШ) применяют для питания цеховых электроприемников подвижного состава (например, кранов, кран-балок, монорельсовых дорог, напольных тележек, установок для раскроя тканей) и выпускают на токи от 35 А до 1 кА.

Магистральные шинопроводы. На переменном токе большое влияние на технические характеристики средств передачи электроэнергии оказывает конфигурация проводников, их взаимное расположение и схема их соединения в силу явлений поверхностного эффекта (скин-эффекта) и эффекта близости. Например, при пропускании больших токов по проводнику круглого сечения его внутреннее сопротивление возрастает с ростом диаметра проводника. По этой причине сечения трехжильных кабелей на напряжение до 1 кВ в ПУЭ ограничены (при токах порядка 370 А для медных проводников) 185 мм^2. Для обеспечения необходимой пропускной способности по току следует или увеличивать число кабелей или применять провод-

ники с шинами плоского сечения, у которых значение скин-эффекта менее выражено. Чем больше соотношение сторон проводника, тем лучше распределение плотности тока в них. В современных конструкциях МШ применяют шины с соотношением высоты к ее толщине кратным от 10 до 30.

Известно, что технические характеристики МШ при токах нагрузки 1,6 кА и более с двумя или тремя шинами на одну фазу, во многом зависят от схемы соединения шин. На ранней стадии развития электропромышленности применялась схема соединения с расщепленными фазами. Однако шинопроводы по этой схеме обладали недостатками из-за громоздкости конструкции (голые шины на изоляторах защищались со всех сторон металлической сеткой) и больших значений коэффициента добавочных потерь $K_д = 1{,}4$; где $K_д = \frac{R_а}{R_{ом}}$ — отношение сопротивлений (или мощностей): активного при номинальной нагрузке на переменном токе к омическому — на постоянном. На значение $K_д$ в этой схеме оказывает влияние еще и действие эффекта близости, связанное со стремлением токов одного направления сконцентрироваться в наиболее удаленных друг от друга частях проводников. В настоящее время эту схему применяют только в МШ постоянного тока, например, ШМАД или в системах неизолированных шин от ТП к ГРЩ прошлых лет.

Более совершенны схемы соединения со спаренными фазами, в которых используется принцип равенства и противоположности действий токов в полуфазах, за счет чего значительно снижена величина индуктивного сопротивления. Значение же потерь активной мощности остается еще большим и $K_д$ достигает уровня 1,33. По этой схеме в России изготавливались шинопроводы ШМА 68-Н и ШМА-73 для использования в четырехпроводных сетях с глухо заземленной нейтралью (табл.9.1). Соединение секций заводского изготовления между собой на монтаже осуществлялось, как правило, аргонодуговой сваркой с последующим изолированием места стыка стеклолакотканью с клеем. В ограниченных случаях (поскольку контактные части шин не были обработаны защитным от окисления покрытием) для соединений допускалось применение однoболтовых сжимов, собираемых с помощью стандартного инструмента. В такой конструкции охлаждение нагретых шин происходит за счет конвективного теплообмена.

К недостаткам такой схемы можно отнести невысокие степень защиты оболочкой (по ГОСТ 14254-96 от IP 20 до IP 31) и надежность работы однoболтового сжима, ограниченность номенклатуры (нет

изделий для вертикальной прокладки, z- образных), а также трудоемкий монтаж при сборке. В настоящее время эти шинопроводы, хотя и сняты с производства, но находятся в эксплуатации на многих действующих предприятиях России (таких, например, как ВАЗ, КАМАЗ), СНГ и стран дальнего зарубежья.

В настоящее время шинопроводы, помимо традиционного промышленного применения, широко используют при строительстве административных, жилых и общественных зданий. Поэтому с начала девяностых годов в России стали применять шинопроводы с улучшенными параметрами за счет применения системы шин с шихтованными фазами. Хотя конструкция корпуса с использованием перфорированных стальных крышек, с конвективным теплообменом для охлаждения шин и степенью защиты — IP 31 напоминает конструкцию со спаренными фазами, $K_д$ достигает уже значения 1,15. На территории России применялась модификация этих схем в виде шинопровода Ш3М16, изготовленного в сплошном алюминиевом корпусе, со сварным способом соединения шин.

С развитием химической промышленности появились электроизоляционные материалы, обладающие наряду с большой электрической прочностью еще и высокой степенью нагревостойкости. Это обстоятельство вызвало новый подход к конструированию шинопроводов. Появились МШ со схемой соединения, называемой условно «Пакет», получившие широкое распространение вплоть до настоящего времени. Изолированные шины, плотно сжатые с помощью одноболтового сжима в пакет, заключены в стальной кожух с хорошо развитой поверхностью, выполняющей назначение радиатора охлаждения. Процесс охлаждения этого МШ происходит благодаря теплопроводности от шин на стенки кожуха и от кожуха в окружающую среду конвективно и излучением. Независимо от количества пакетов в конструкции (два на ток от 2,5 кА и три на ток от 4 кА) шина одной и той же фазы, разделенная пакетами модулей, представляет собой единую шину с большим соотношением ее высоты к толщине. Такое расположение делает распределение плотности тока по сечению шины оптимальным, сводя скин-эффект и активное сопротивление к минимуму по сравнению с другими схемами соединения шин. В плотно сжатых шинах индуктивное сопротивление также имеет минимальные значения. Коэффициент добавочных потерь для этой схемы $K_д$ = 1,09…1,10.

Размещение шины одной фазы в двух- или трехмодульном (пакетном) шинопроводе придает большую электродинамическую стойкость всей конструкции МШ в целом.

Во всех современных конструкциях шины защищают от окисления. Для того, чтобы избежать образования окисной пленки Al_2O_3, обладающей высоким переходным сопротивлением, у алюминиевых шин делают двойное покрытие цинком и оловом, либо цинком и никелем. Такая мера значительно снижает величину переходного контактного сопротивления и предохраняет контакты от окисления и разрушения в связи с большой разницей электрохимических потенциалов при подсоединении, например, отходящих медных проводников. Медные шины также защищают, подвергая их лужению, делая более надежным место стыка при соединении двух секций. Для стабилизации давления в стыке в режиме постоянного цикла «нагрев -охлаждение», затяжку одноболтового сжима производят моментным ключом с усилием 80 Н. Для предотвращения самоотвинчивания применяют специальные шайбы, с возможностью визуального контроля через прозрачные колпачки за положением специально нанесенных рисок. В такой конструкции сборка секций при монтаже осуществляется намного быстрее, в том числе и за счет отсутствия необходимости изолирования шин в месте стыка. В конструкции этого типа применяют встроенные изоляторы из высокопрочного и термостойкого материала (стеатитовых или на основе поликарбонатов). Наряду с другими производителями МШ этого направления, в России хорошо известна, например, компания ЕАЕ Электрик АШ (ВСК Электро). МШ этой компании типа КВ, технические характеристики которых приведены в табл. 9.2, имеют Российские сертификаты качества и пожарной безопасности. Степень защиты оболочкой в МШ «Пакет» имеют значения IP 52 и выше, как например, IP55 для КВ с многослойной изоляцией в стальном корпусе или IP 68 у фирмы Lanz, что достигается применением литой полимерной изоляции. Такая усиленная изоляция позволяет применять МШ в различных неблагоприятных средах, в том числе и для уличных условий, например, для электроснабжения фуникулеров в горнолыжных комплексах. Выпускаемые в России шинопроводы пакетного типа ШМА4 для четырехпроводных сетей с глухо заземленной нейтралью и ШМА5 для пятипроводных — с изолированной нейтралью, сохранили способ соединения и изолирования шин по аналогии с конструкцией ШМА73.

Полная номенклатура магистральных шинопроводов включает в себя следующие секции: присоединительные к трансформаторам и шкафам ГРЩ или ВРУ; прямые стандартной длины 3 (и реже 4) метра и подгоночные; ответвительные с защитным, отключающим аппара-

том или без него, с глухим присоединением; угловые горизонтальные и вертикальные; Z-образные с поворотом в одной и двух плоскостях, а также Т-образные, переходные с одного тока на другой, компенсационные, фазировочные, вводные, концевые и транспозиционные. Современные конструкции МШ (кроме ШМА4, ШМА5) позволяют применять их для вертикальных стояков в жилых и общественных зданиях повышенной этажности или в зданиях средней этажности с большими нагрузками.

На вертикальных участках некоторые вентилируемые типы МШ, а также распределительные шинопроводы, оснащают внутренними противопожарными перегородками. Для шинопроводов, например, типа КВ такие перегородки устанавливать нет необходимости, так как воздух внутри стальной оболочки корпуса вытеснен и практически отсутствует. Противопожарному изолированию подлежит только само место прохода шинопровода через перекрытие, которое выполняют по типовым альбомам, например, института ВНИПИ ТПЭП.

Распределительные шинопроводы (РШ). Номенклатура РШ во многом схожа с номенклатурой МШ за исключением секций фазировочных, транспозиционных и присоединительных к трансформаторам, которые в РШ отсутствуют. Также в номенклатуре РШ есть секции: крестообразная, и с противопожарной перегородкой которые в МШ отсутствует. Конструкции РШ выпускают с одной шиной на фазу с зазорами между шинами. Действие скин-эффекта в такой конструкции чуть больше, чем в МШ, но значительно меньше, чем в кабелях круглого сечения.

С другой стороны, упрощаются условия присоединения к РШ возможно большего числа потребителей. В таблице 9.3 приводятся технические характеристики четырехпроводных шинопроводов ШРА-73 (ШРА-4). В РШ этого типа алюминиевые шины для большей надежности присоединения в контактной зоне плакируют медью. Соединение секций ШРА-73 при монтаже производится с помощью болтов, устанавливаемых на шинах каждой фазы с применением обычного инструмента. В конструкциях РШ современного типа, например, систем КО или МК, где шины имеют такие же защитные покрытия, как и в МШ типа КВ, соединение секций производят или непосредственно между собой, или с применением блока контактных вставок одноболтовым сжимом. Затяжку сжима выполняют моментным ключом с усилием 42 Н.

Конструкции РШ этого типа имеют четырех- и пятипроводное исполнение со степенью защиты оболочкой IP40 и IP55, что делает их применение более универсальным. Так, например, для вертикальной прокладки предпочтительней является конструкция с IP55. Для про-

хода через перекрытия на вертикальных участках устанавливают секции заводского изготовления, снабженные противопожарными перегородками, а также компенсационные секции. Компенсационные секции устанавливают и на горизонтальных участках при длине трассы более 30 м, а также при переходе через деформационные швы здания. В табл. 9.4 приведены технические характеристики РШ типа КОА с алюминиевыми шинами.

Выбранные по току магистральные и распределительные шинопроводы проверяют на потерю напряжения по формуле, учитывающей конфигурацию и протяженность сети. Расчет потерь напряжения в трехфазных линиях шинопроводной системы ведется с учетом следующих критериев:

$$\Delta U = \sqrt{3}LI\left(R_1 \cos\varphi + X_1 \sin\varphi\right)\cdot 10^{-3}\,\text{В},$$

где α' — коэффициент распределения нагрузки;

L — длина линии, м;

I –ток в линии, А;

R_1 — активное сопротивление при номинальной нагрузке, мОм/м;

X_1 — индуктивное сопротивление при номинальной нагрузке и частоте 50 Гц, мОм/м;

cos φ — коэффициент мощности потребителя.

Шинопроводы осветительные (ОШ) имеют в своей номенклатуре секции прямые, подгоночные, вводные и устройства ответвительные, с защитой или без нее для подключения к ним осветительных приборов или потребителей небольшой мощности. Ответвительные устройства для питания однофазных потребителей могут быть снабжены штепселями со шнурами.

С целью обеспечения равномерной нагрузки на трехфазную линию ОШ штепселя маркированы для подключения их к соответствующим фазам. Также в номенклатуру ОШ могут входить угловые и тройниковые секции. Однако в некоторых типах ОШ для этих целей применяют гибкие секции. В России выпускают ОШ типа ШОС-2 , ШОС-4 для применения в сетях с глухо заземленной нейтралью.В табл. 9.5 приведены технические характеристики ШОС-2, ШОС-4. Для сетей с изолированной нейтралью все большее применение находят, например, ОШ типа КАМ на токи 25 А и 32 А, а также с дублированной линией в едином корпусе типа D-Line на токи 25 А; 32 А; 40 А. Большим спросом пользуются комбинированные системы «шинопровод — светильник» ТАК — YAK на 25 А.

Для электропитания потребителей небольшой мощности применяют РШ на ток до 63 А в корпусе по конструкции и габаритам, близким к КАМ. Для сетей с изолированной нейтралью, наряду с другими РШ, известна конструкция шинопровода типа КАР, рассчитанная на токи 40 А и 63 А. Для модульных совмещенных сетей (электрика, связь, ТВ, ПК и т.д.) с целью обеспечения рабочих мест операторов в помещениях с повышенными полами применяют шинопроводы напольного исполнения типа DAM/DAP на токи 25 А–63 А. Параметры этих РШ, а приведены в табл. 9.6.

В номенклатуру магистральных, распределительных и осветительных шинопроводов входят ответвительные устройства (секции или коробки) с установкой защитных, отключающих аппаратов или без них.

В номенклатуру троллейных шинопроводов (ТШ) включены секции: прямые, подгоночные, радиусные, вводные, компенсационные и разделительные, для организации ремонтных участков. Также в номенклатуру ТШ входят: токосъемные каретки с роликами или токосъемники со щетками, траверсы для крепления на них токосъемных устройств, устанавливаемых на подвижном составе токоприемника, и индикаторы напряжения или указатели троллейные. Для монорельсовых дорог с автоматическим адресованием груза, предназначенных, например, для установки в складских помещениях с большими объемами и номенклатурой продукции, применяют ловители. Эти элементы устанавливают в местах сочленения прямых и радиусных секций или на сложных переходах, поскольку скорости перемещения подвижного состава, например, кранового оборудования, могут достигать 250 и более метров в минуту. Конструкции ТШ выпускают как с защитным кожухом, например, ТВ для трехфазных потребителей, так и в открытом исполнении. Примером шинопроводов открытого типа могут быть отечественные ШМТА или типа U10 — U40 фирмы «Vahle». В ТШ этого типа шины изолированы пофазно и выпускаются на токи до 1000 А. Это так называемые монотроллейные шинопроводы. В состав монотроллейных ТШ входят еще соединители, троллеедержатели, клицы опорные и промежуточные, токосъемники со щетками.

Шинопроводы всех типов имеют специально разработанные для них поддерживающие и опорные устройства для крепления к строительным конструкциям зданий. Только бугельные устройства, устанавливаемые на подвижном составе, для крепления на них траверс под токосъемники не входят в номенклатуру ТШ и их изготавливает непосредственно заказчик.

Преимущества современных шинопроводных систем перед кабельными.

1. Шинные системы более компактны, требуют меньше места, чем кабельные системы, в особенности при нагрузках на линии в несколько сотен или тысяч ампер.
2. Модульная конструкция шинных систем позволяет применять ее в зданиях или сооружениях любого типа и любой конфигурации. В отличие от кабельных систем, шинные можно легко изменять, дополнять или переносить в другое помещение, здание и устанавливать заново без особых капитальных затрат. Модульная конструкция шинных систем отличается гибкостью и мобильностью.
3. Плотно сжатые шины, заключенные в металлический корпус с сильно развитой поверхностью, способны хорошо проводить выработанное тепло на стенки кожуха и от него в окружающую среду. Охлаждение лучше, чем в кабельных системах.
4. Шинные системы не имеют эффекта образования тяги при возгораниях благодаря компактности конструкции, либо вмонтированным внутренним противопожарным перемычкам. К тому же теплостойкость изоляционных материалов шинных систем (130°С) выше, чем у кабельной изоляции (90°С).

   Шинные системы не горючи, не являются огнепроводными и не выделяют вредные газы (галоген) при пожаре. Кабельные системы могут возгораться и содействовать распространению пожара в зданиях.
5. Жесткая конструкция элементов системы обеспечивает повышенную устойчивость к воздействию токов короткого замыкания по сравнению с кабельными системами, достигая, например, для МШ 6,3 кА значений 264 кА амплитудного и 120 кА термического тока КЗ.
6. Минимальное расстояние между осями проводников уменьшает их индуктивное сопротивление, а плоская, относительно тонкая шина способствует оптимальному распределению плотности тока в ней, снижая активное сопротивление. В результате потеря напряжения при одной и той же длине и нагрузке в шинных системах значительно ниже, чем в кабельных системах.
7. Низкие значения сопротивлений в шинных системах способствуют снижению потерь активной энергии и ограничивают рост реактивной энергии при эксплуатации по сравнению с кабельными системами.
8. Как правило, при особенно большой силе тока используют несколько кабелей для одного фазного соединения, где кабели могут отличаться как по длине, так и по месту расположения и качеству присоединения. Шинные системы исключают разни-

цу в длине между проводниками, имеют точные параметры активного и индуктивного сопротивления и обеспечивают равную, в максимально возможной степени, нагрузку на каждой фазе. В этом случае кабельные системы не могут быть строго параметрированы.

9. Компактность конструкции и стальной кожух обеспечивают значительно более низкое электромагнитное поле вокруг шинной системы по сравнению с кабельной системой. МШ высокой нагрузки (1,6–6,3 кА) могут быть благополучно установлены вблизи информационных кабелей, не создавая при этом электромагнитных помех в информационной системе.
10. С шинной системой электроэнергия экономично и безопасно распределяется на линии при помощи ответвительных коробок в необходимых местах. Расположение этих ответвительных коробок можно легко и безопасно изменять в дальнейшем при необходимости. Кроме того, всегда имеется возможность увеличения числа ответвительных коробок.
11. Шинные системы состоят из полностью сертифицированных стандартных элементов, где все предусмотрено для исключения ошибок и безопасной работы обслуживающего персонала:
   - ответвительные коробки или вилки являются испытанными и сертифицированными частями шинной системы и соответствуют всем требованиям безопасности;
   - на корпус шинопроводов наносят обозначения направления от источника электропитания и соответствующей маркировкой — место расположения шины заземления;
   - при монтаже соединения секций между собой производят по типу штепсельного, исключающего неправильное соединение фаз;
   - применение моментных ключей или болтов со срывными головками исключает чрезмерное давление на контакты, что позволяет шинным системам «дышать» во время цикла «включение — отключение», при этом защитное покрытие шин позволяет сохранять надежность контактного соединения на весь период эксплуатации;
   - надежность присоединения всех элементов стандартизирована и практически не зависит от квалификации электромонтажника. Безопасность соединений кабельных систем зависит от опыта монтажника.

12. Монтажная готовность шинных систем значительно выше, чем у кабельных систем. Это обеспечивает меньшее время использования рабочей силы на монтаже и более низкую стоимость монтажа.
13. Шинные системы не могут быть повреждены механически (например, различными грызунами), чему препятствует стальной кожух, в отличие от незащищенных кабельных систем.
14. На стадии проектирования здания с использованием шинных систем:
   - уменьшается количество кабельных лотков;
   - уменьшается число распределительных панелей в электрощитовой, становится возможным подключение нагрузок по всей трассе (от механизмов, распределительных щитов на этажах) напрямую от ответвительных коробок;
   - уменьшаются размеры главных распределительных щитов;
   - уменьшаются габариты помещения ГРЩ и отпадает необходимость в строительстве непроходных кабельных каналов;
   - уменьшается число автоматических выключателей;
   - исключаются многие аксессуары, используемые для кабельных систем;
   - упрощается разработка и сокращается время разработки проекта;
   - автоматизированный дополнительный дизайн-проект, кроме наглядности, уточняет состав элементов системы и спецификацию проекта.

Таким образом, системы сборных шин имеют преимущества перед кабельными системами: улучшенные электрические характеристики, упрощенные и, вместе с тем, надежные схемы распределения электроэнергии, минимальные пространственные объемы, быстроту установки и снижение расходов времени на монтаже, гибкость и трансформируемость системы, различные виды высокой степени защиты, легкость в обслуживании и экономию электроэнергии в эксплуатации.

Конечно, при выборе системы канализации электроэнергии необходимо, прежде всего, руководствоваться экономическими соображениями. Начальная стоимость только шинопроводов выше кабельных систем, но при учете возможного уменьшения количества панелей у ГРЩ (ВРУ) и количества кабельных аксессуаров, высокой монтажной способности и эксплуатационных свойств шинопроводов, их преимущества становятся очевидными.

Таблица 9.1

Технические характеристики шинопроводов со спаренными фазами

Показатель		ШМА73, ШМА73П, 1600 А	ШМА 68-Н	
			2500 А	4000 А
Электродинамическая стойкость (амплитудное значение) не менее, кА		70	70	100
Сопротивлениешин на фазу, Ом/км:	активное при температуре шин 20°С	0,031	0,020	0,013
	индуктивное при частоте 50 Гц	0,022	0,020	0,015
Сопротивление петли фаза-нуль (полное), Ом/км		0,16	—	—
Линейная потеря напряжения на 100 м при номинальном токе, нагрузка сосредоточена в конце линии, $\cos \varphi = 0{,}8$, В		11,5	13,5	16,5
Количество и размеры шин на фазу, мм		2(90×8)	2(120×10)	2(160×12)
Количество и площадь сечения нулевых проводников, мм^2		2×710	2×640	2×640
Размеры поперечного сечения прямой секции (ширина×высота), мм		300×160	444×215	444×259
Плотность тока, А/мм^2		1,11	1,04	1,04

Таблица 9.2

Технические характеристики шинопроводов типа «Пакет» E-line KB Алюминиевый проводник — KBA

Номинальный ток	А	800	1000	1250	1600	1600*	2000	2500	3050	3100	4000	4250
Код шинопровода		08	10	12	13	16	20	25	27	30	40	41
Стандарты	IEC 60439-2: 2000; Ростест											
Рабочее напряжение	В	1000										
Частота	Гц	50/60										
Степень защиты по ГОСТ 14252-96		IP55										
Электротермическая стойкость (1 сек)	кА	60	50	50	50	100	100	100	100	120	120	120
Электродинамическая стойкость (пик)	кА	110	110	110	110	220	220	220	220	264	264	264

Продолжение таблицы 9.2

Сопротивление R при 20°С активное	мОм/м	0,055	0,041	0,032	0,026	0,028	0,021	0,016	0,013	0,014	0,011	0,09
Джоулевы потери при номинальном токе I^2R_1	Вт/м	128,6	162,0	201,6	268,8	299,5	348	318,8	474,4	461,3	655,3	596,1
Сопротивление при номинальном токе R_1	мОм/м	0,067	0,054	0,043	0,035	0,039	0,029	0,017	0,017	0,016	0,014	0,011
Реактивное сопротивление (при номинальном токе 50 Гц) X_1	мОм/м	0,045	0,030	0,020	0,023	0,016	0,014	0,014	0,010	0,011	0,006	0,006
Полное сопротивление при номинальном токе Z_1	мОм/м	0,085	0,065	0,048	0,043	0,042	0,032	0,024	0,022	0,022	0,016	0,014
Сечение фазных и нулевых проводников	мм^2	525	700	910	1120	1050	1400	1820	2240	2100	2730	3360
Сечение PE для 5-проводн. шинопровода	мм^2	525	700	910	1120	1050	1400	1820	2240	2100	2730	3360
Сечение PE для 4,5 -проводн. шинопровода	мм^2	262,5	350	455	560	525	700	910	1120	1050	1365	1680
Площадь поперечного сечения корпуса (PE)	мм^2	918	968	1028	1088	18/36	1936	2056	2176	2904	3084	3264
Размеры проводников	мм^2	7×75	7×140	7×130	7×160	2(7×75)	2(7×100)	2(7×130)	2(7×160)	3(7×100)	3(7×130)	3(7×160)
Масса 4-проводного шинопровода	кг/м	16	19	22	24	29	36	44	46	53	62	70
Масса 5-проводного шинопровода	кг/м	17,5	21	24,5	27	32	40	49	51	59	69,5	79

Окончание таблицы 9.2

Сопротивление петли «фаза-ноль»	активное	мОм/м	0,1313	0,1035	0,0779	0,0694	0,0711	0,0528	0,0412	0,0364	0,0373	0,0306	0,0248
	реактивное	мОм/м	0,0311	0,0630	0,0843	0,0707	0,0730	0,0569	0,0525	0,0416	0,0456	0,0397	0,0450
	полное	мОм/м	0,1880	0,1502	0,1163	0,0999	0,1034	0,0789	0,0674	0,0561	0,0596	0,0508	0,0515
Плотность тока	А/мм^2		1,52	1,43	1,37	1,42	1,52	1,42	1,37	1,36	1,48	1,47	1,26	

Таблица 9.3

Технические характеристики шинопроводов типа ШРА 4

Показатель		Шинопровод		
		ШРА4-250	ШРА4-400	ШРА4-630
Номинальный ток, А		250	400	630
Сечение токоведуших шин, мм		35×5	50×5	80×5
Допустимое амплитудное значение тока короткого замыкания в первый полупериод, кА		25	35	40
Сопротивление фазы (среднее) при температуре 20°С, номинальном токе и установившемся режиме, мОм/м:	активное	0,21	0,15	0,095
	индуктивное	0,21	0,17	0,11
	полное	0,30	0,23	0,145
Потеря напряжения на участке 100 м при номинальном токе ($\cos \varphi = 0,8$) и равномерно распределенной нагрузке, В		6,35	7,6	7,7
Степень защиты по ГОСТ 14254-96		IP 32	IP 32	IP 32
Плотность тока, А /мм^2		1,4	1,6	1,6

Таблица 9.4

Технические характеристики шинопроводов типа КОА

Код шинопровода		01	02	03	04	05	06
Номинальный ток	А	160	250	315	400	500	600
Стандарты	IEC 60439-2: 2000, РОСТЕСТ						
Напряжение изоляции	В	1000					
Рабочее напряжение	В	1000					
Частота	Гц	50, 60					
Степень защиты во ГОСТ 14252-96	IP	40, 55					
Электродинамическая стойкость (пик.)	кА	17	30	30	63	63	73,5
Электротермическая стойкость (1 сек)	кА	10	15	15	30	30	35
Значения тока короткого замыкания цепи фаза — нулевой проводник (пик.)	кА	10,2	15,3	15,3	36	36	44,1
Значения тока короткого замыкания цепи фаза — нулевой проводник (1 с)	кА	6	9	9	18	18	21
Сопротивление цепи постоянному току	мОм/м	0,263	0,204	0,178	0,117	0,093	0,079
Полное сопротивление	мОм/м	0,333	0,274	0,243	0,166	0,139	0,118
Джоулевы потери при номинальном токе	Вт/м	21,96	46,13	60,73	60,00	81,75	101,52
Сопротивление при номинальном токе (активное R_1)	мОм/м	0,286	0,246	0,204	0,125	0,109	0,094
Реактивное сопротивление при номинальном токе и при 50 Гц	мОм/м	0,205	0,183	0,165	0,118	0,103	0,088
Импеданс (в номинальном токе)	мОм/м	0,349	0,319	0,270	0,182	0,157	0,135
Сечение фазных и нулевого проводников	$мм^2$	120	150	180	300	375	450
Сечение PE для 5-проводн. шинопровода	$мм^2$	120	150	180	300	375	450
Сечение PE для 4,5 пров. шинопровода	$мм^2$	60	75	90	150	187,5	225
Площадь поперечного сечения корпуса (PE)	$мм^2$	583	593	603	643	668	693
Размеры проводников	мм	6×20	6×25	6×30	6×50	6×62,5	6×75
Масса 4-х проводного шинопровода	кг/м	7,0	7,5	8,0	10,0	11,0	12,0
Масса 5-ти проводного шинопровода	кг/м	7,3	8,0	8,7	11,0	12,0	13,0
Плотность тока	$А/мм^2$	1,3	1,7	1,8	1,3	1,3	1,3

Таблица 9.5

Технические характеристики шинопроводов ШОС-2, ШОС-4

Наименование параметра	Показатель
Номинальный ток, А	25
Номинальный ток штепселя, А	10
Номинальное напряжение, В	500
Частота, Гц	50; 60
Потеря напряжения на участке 100м, В	6,1
Электродинамическая стойкость при сквозных токах (амплитудное значение), кА	4,5
Материал шины	ПВ
Сечение проводника, мм^2	6
Наибольшее расстояние между точками крепления, м	3
Допустимая нагрузка, кН/м	0,12
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP44

Таблица 9.6

Технические характеристики шинопроводов DAM/DAP

Показатель			DAM 25	DAM 32	DAP 40	DAP 63
Стандарты			IEC 439 1-2, Ростест			
Напряжение		В	690 В			
Частота		Гц	50/60			
Степень защиты (по ГОСТ 14254-96)			IP55			
Номинальный ток		А	25	32	40	63
Эл. динамическая стойкость (амплитуда)		кА	5	6	7,5	9
Эл. термическая стойкость (1 сек)		кА	2,27	2,72	3,4	4
Сопротивление фазы	активное	мОм/м	5,3	4,68	1,70	1,75
	реактивное	мОм/м	1,36	1,11	0,69	0,14
	полное	мОм/м	5,48	4,80	1,84	1,45
Сопротивление петли	«фаза-ноль»	мОм/м	8,58	7,60	3,48	3,22
	реактивное	мОм/м	1,53	1,22	0,90	0,49
	полное	мОм/м	8,69	7,68	3,59	3,26
Джоулевы потери		Вт/м	3,23	4,66	2,68	5,68
Сечение шин L1, L2, L3, N		мм^2	3,2	4	6	12,5
Сечение шины PE		мм^2	18,3	18,3	18,3	18,3
Сечение корпуса (как PE)		мм^2	3,2	4	6	6
Масса 4-проводного DAM/DAP		кг/м	1,13	1,17	1,33	1,42
Масса 5-проводного DAM/DAP		кг/м	1,17	1,19	1,41	1,48

Таблица 9.7

Технические характеристики шинопроводов типа ТВ

Номинальный ток	А	35	63	80	100	125	160	200	250
Число проводников системы		5-проводная 7-проводная							
Номинальное напряжение	В	400	400	400	400	400	400	400	400
Пробивное напряжение	кВ/мм	30	30	30	30	30	30	30	30
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Сопротивление активное	мОм/м	2,74	1,71	1,37	0,91	0,68	0,67	0,45	0,34
Сопротивление индуктивное	мОм/м	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,21	0,07	0,06
Сопротивление полное	мОм/м	2,75	1,72	1,38	0,92	0,69	0,71	0,46	0,35

Таблица 9.8

Технические характеристики шинопроводов типа ШМТ-А

Показатель		Шинопровод ШМТ-А	
Номинальный ток, А		250	400
Номинальный ток токосъемника, А		40; 63; 100	100; 160
Номинальное напряжение, В		660	
Частоте, Гц		50 и 60	
Допустимое амплитудное значение тока короткого замыкания, кА		10	15
Сопротивление фазы (среднее, при трехфазной линии и температуре проводника 20°С), Ом/км:	Активное	0,255	0,15
	Индуктивное	0,15	0,15
	Полное	0,296	0,21
Потеря напряжения на участке 100 м, В		12,7	14,53
Рекомендуемое расстояние между точками крепления, м, не более		1,5	
Расстояние между осями троллеев, мм		60	80
Материал троллеев		АД31Т	
Степень защиты по ГОСТ 14254-96		IP21	
Максимальная скорость перемещения каретки, м/мин		100	

10. Электродвигатели

10.1. Общие сведения

Номинальные данные электродвигателей (*P*, *U*, *I*, *n*, η, cosφ и др.), следует относить к их работе на высоте до 1000 м над уровнем моря при температуре *t* газообразной охлаждающей среды 40°С и температуре охлаждающей воды 30°С, если в стандартах или ТУ не установлена другая температура охлаждающей среды, но не более 33°С.

Номинальные режимы работы:

- продолжительный;
- кратковременный с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10; 30; 60; 90 мин;
- повторно-кратковременный с продолжительностью включения (ПВ) 15; 25; 40; 60 %; продолжительность одного цикла 10 мин;
- повторно-кратковременный с частыми пусками с ПВ 15; 25; 40 и 60 %, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при коэффициенте инерции (*FI*) 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4; 6,3 и 10;
- повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением с ПВ 15; 25; 40 и 60 %, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при *FI* 1,1; 1,6; 2; 2,5 и 4;
- перемежающийся с продолжительностью нагрузки (НП) 15; 25; 40 и 60 %; продолжительность одного цикла 10 мин;
- перемежающийся с частыми реверсами при электрическим торможении с числом реверсов в час 30; 60; 120 и 240 при *FI* 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4;
- перемежающийся в двумя или более частотами вращения с числом циклов в час 30; 60; 120 и 240 при *FI* 1,2; 1,6; 2; 2,5 и 4.

10.2. Асинхронные электродвигатели

На промышленных предприятиях наибольшее распространение получили асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором. Существенным недостатком АД является довольно значительное и почти не зависящее от нагрузки потребление реактивной мощности, для снижения которой АД выполняют с малым воздушным зазором между ротором и статором, что усложняет эксплуатацию АД.

Условия работы АД в режиме пуска значительно отличаются от условий его работы в нормальном режиме. В режиме пуска в обмотках ротора и статора проходят токи, намного превышающие токи, протекающие в этих обмотках в номинальном режиме.

Длительный ток приводит к перегреву обмоток АД и может вызвать сгорание обмоток и аварию АД. Для исключения этого следует ограничить пусковой ток АД и уменьшить время его разгона. Наиболее распространен прямой пуск АД.

Вращающий момент АД пропорционален квадрату напряжения, подводимого к обмотке статора АД. Работа АД при пониженном напряжении является ненормальным режимом не только из-за появления токов перегрузки, но и из-за резкого снижения вращающего момента АД, что может привести к останову АД («опрокидыванию»).

АД широко применяют в приводах переменного тока, не требующих регулирования скорости и работающих при длительной нагрузке (центробежные насосы, вентиляторы и др.). На выбор АД влияет, в первую очередь, режим работы приводного механизма. Так, например, мощность двигателя насоса $P_д$, кВт, можно определить по выражению:

$$P_д = \frac{\gamma \cdot Q_н \cdot (H + \Delta H)}{102 \cdot \eta_н \cdot \eta_п},$$

где γ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м3;

$Q_н$ — расход жидкости (подача, производительность насоса), $м^3/с$;

H — высота напора (сумма высот всасывания и нагнетания), м;

ΔH — падение напора в магистралях, м;

$\eta_п$, $\eta_н$ — КПД передачи и насоса соответственно.

В данном разделе справочника приведены технические характеристики и назначение электродвигателей таких известных производителей, как ОАО «Сафоновский электромашиностроительный завод» (СЭЗ, г. Сафоново), ООО «Ленинградский электромашиностроительный завод» (ЛЭЗ). ОАО «Владимирский электромоторный завод» (ВЭЗ), ОАО «Армавирский электротехнический завод» (АЭТЗ). Ярославский электромашиностроительный завод (ОАО «ELDIN») и др.

Рассмотрены электродвигатели общего назначения, специальные (индукторные, крановые и т.п.), для привода различных механизмов, взрывозащищенные.

Ниже приведены серии АД общего применения и для собственных нужд электростанций (в скобках указаны интервалы значений $P_{ном}$, кВт):

1. АД с короткозамкнутым ротором:
   - 4А (0,06–400) — заменена серией АИ;
   - А/А3 (200–2500) — вентиляторы, дымососы, мельницы, сетевые насосы;

– А2 (400–500) — мазутные насосы;
– А4 (200–1000) — насосы, вентиляторы, дымососы;
– АВ (400–800) — конденсатные насосы;
– АВМЗ (55–110) — вертикальные осевые насосы;
– АН-2 (500–2000) — насосы, вентиляторы;
– АО2 (200, 3150) — дымососы;
– АТД2 (500–8000) — питательные насосы, быстроходные механизмы;
– ВАН (250–5500) — вертикальные циркуляционные насосы;
– ВАО (250–500) — топливоподача;
– ВАСВ (30–200) — вентиляторы градирен;
– ДА/ДАЗ (630–4000) — дымососы, вентиляторы;
– ДАЗО (160—2500) — то же;
– ДАЗО2 (315–1600) — двухскоростные — дымососы, вентиляторы;
– ДВДА (500/315–1600/1000) — двухскоростные — насосы;
– MTKF (1,4–22 при ПВ = 40%) — крановые механизмы;
– АТМК (470, 750) — центробежные компрессоры.

2. АД с фазным ротором:
– 4АНК, 4АК (15–400) — общего назначения;
– АКН2 (15–19-й габариты) (315–2000) — привод механизмов с частыми или тяжелыми условиями пуска;
– ДАФЗ (5000) — привод дымососов;
– MTF (1,4–30; 3–118) — привод крановых механизмов;
– АСКЗ (315–2000) — для работы в запыленных закрытых помещениях.

Ниже рассмотрены двигатели, поставку, монтаж, гарантийное и послегарантийное обслуживание и ремонт которых осуществляет концерн «РУСЭЛПРОМ».

Таблица 10.1

Асинхронные электродвигатели серий ДАН, АОДН, А2КП, АДКП, А2К, АСК, ДАСК, 2АСВО

Электродвигатели асинхронные серии ДАН, АОДН предназначены для привода механизмов, не требующих изменения частоты вращения.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДАН-355S-2У3	315	380/600	3000	1545	IP23	СЭЗ*
ДАН-355S-4У3			1500	1390		
ДАН-355SK-4У3	250			1260		
ДАН-355S-6У3	200		1000	1235		

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДАН-355М-6У3	250	380/600	1000	1375	IP23	СЭЗ*
ДАН-355S-8У3	160		750	1355		
ДАН-355М-8У3	200			1520		
АОДН-355SK-4У1			1500	1375	IP54	
АОДН-355S-4У1	250			1540		
АОДН-355М-4У1	315			1745		
АОДН-355S-6У1	160		1000	1440		
АОДН-355М-6У1	200			1650		
АОДН-355L-6У1	250			1830		
АОДН-355S-8У1	132		750	1500		
АОДН-355М-8У1	160			1690		
АОДН-355L-8У1	200			1870		
Электродвигатели асинхронные серии А2КП, АДКП для привода поршневых газовых компрессоров						
А2КП 85/24-8/16УХЛ4	160/75	380	750/375	1305	IP44	СЭЗ
АДКП-78-8УХЛЗ	75		750	610		
АДКП-90-8УХЛЗ	90					
Электродвигатели асинхронные для привода поршневых воздушных компрессоров						
А2К 85/24-8/16УХЛ4	160/75	380	750/375	1305	IP20	СЭЗ
А2К85/24-10/20УХЛ4			720/360	1305		
АСК-400-6УХЛ4	220		1000	1100		
АСК-560-12УХЛ4	200		500	1260		
АДВ85/16-10УХЛ4	90		600	800		
ДАСК 90-6У3			1000	520	IP00	
ДАСК132-12УХЛ4	132		500	1000		
ДАСК 315-12УХЛ4	315	6000		3000		
Электродвигатели асинхронные серии 2АСВО для привода вентиляторов градирен. Электродвигатели вертикального исполнения предназначены для безредукторного привода вентиляторов градирен						
2АСВО 710S32У1	30	380	187,5	2000	IP44	СЭЗ
2АСВО 710S32У1 с МЖГ						
2АСВОу 710S32У1 (с крепл. под ВАСО, МЖГ)				2130		
2АСВОу 710S32У1 (с крепл. под ВАСО)						

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
2АСВО 710L34У1 с МГЖ	75	380	176,5	2780	IP44	СЭЗ
2АСВО 710L34У1						
2АСВОу 710L34У1 (с крепл. под ВАСО и МЖГ)				2890		
2АСВОу 710L34У1 (с крепл. под ВАСО)						

*** Условные обозначения:**
СЭЗ– ОАО «Сафоновский электромашиностроительный завод» г. Сафоново
ЛЭЗ — ООО ПО «Ленинградский машиностроительный завод»
АЭТЗ — ОАО «Армавирский электротехнический завод»
ВЭМЗ — ОАО «Владимирский электромоторный завод»
МЖГ — магнитно-жидкостной герметизатор.

Таблица 10.2

Асинхронные двигатели серий 4МТН, АДЧР. Двигатели асинхронные крановые. Монтажное исполнение IM1003, IM1004

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
4МТН400L10-1,1М1003, IM1004	160	380	600	1580	IP54	СЭЗ
4МТН400S8-1,1 М1003, IM1004	132		750	1230		
4МТН400М8-I, М1003, IM1004	160			1380		
4МТН400L8-I, IM1003, IM1004	200			1480		
404МТН315S-10У1 (220/380)	45	220/380	600	750		
4МТН315S-10У1 (330/660)		380/660		755		
4МТН315М-10У1 (220/380)	60	220/380		875		
4МТН315М-10У1 (380/660)		380/660		865		
4МТН315L-10У1 (220/380)	75	220/380		975		
4МТН315L-10У1 (380/660)		380/660		970		
4МТН280S-10У1 (220/380)	45	(220/380)		750		
4МТН280S-10У1 (380/660)		(380/660)		755		
4МТН280М-10У1 (220/380)	60	(220/380)		875		
4МТН280М-10У1 (380/660)		(380/660)		865		
4МТН280L-10У1 (220/380)	75	(220/380)		975		
4МТН280L-10У1 (380/660)		(380/660)		970		

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
4MTH400S10	110	380	600	1280	IP54	СЭЗ
4MTH400M10	132			1445		
4MTH400L10	160			1605		
4MTH400S8	132		750	1255		
4MTH400M8	160			1405		
4MTH400L8	200			1545		
MTH400S10-IIM1003, IM1004	100		600	1255		
4МГН400М104-1,1М1003, IM1004	125			1420		
Электродвигатели асинхронные для работы в составе частотно-регулируемого электропривода						
АДЧР-400Y-8У1	250	380/660	750	2620	IP44	СЭЗ
АДЧР-400X-6У1	315		1000	2390		
АДЧР-450X-8У1			750	2880		
АДЧР-400X-4У1	400		1500	2340		
АДЧР-400Y-6У1			1000	2660		
АДЧР-450YK-8У1			750	3210		
АДЧР-400Y-4У1	500		1500	2640		
АДЧР-450X-6У1			1000	2960		
АДЧР-500-8У1		660	750	5050		
АДЧР-450X-4У1	630		1500	2910		
АДЧР-630-6У1			1000	4830		
АДЧР-630-8У1			750	5130		
АДЧР-800-4У1	800		1500	4450		
АДЧР-800-6У1			1000	5050		
ghtАДЧР-800-8У1			750	6100		
АДЧР-1000-4У1	1000		1500	4900		
АДЧР-1000-6У1			1000	5320		
АДЧР-1250-4У1	1250		1500	5150		
АДЧР-1250-6У1			1000	5870		

Взрывозащищенные трехфазные асинхронные электродвигатели с КЗ ротором серии ВА ($U_{ном}$ = 380 В; защита IP54; производитель — ВЭМЗ)

Предназначены для привода механизмов в химической, газовой, нефтедобывающей и смежных отраслях промышленности, где могут образовываться взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом. Степень взрывозащиты 1ExdllBT4X.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
ВА80МА2	1,5	3000	38
ВА80МВ2	2,2		40
ВА112М2	7,5		80
ВА132М2	11,0		95
ВА160S2	15,0		170
ВА160М2	18,5		180
ВА180S2	22,0		198
ВА180М2	30,0		221
ВА200М2	37,0		295
ВА200L2	45,0		315
ВА80МА4	1,1	1500	38
ВА80МВ4	1,5		40
ВА112М4	5,5		79
ВА132S4	7,5		86
ВА132М4	11,0		102
ВА160S4	15,0		175
ВА160М4	18,5		190
ВА180S4	22,0		205
ВА180М4	30,0		234
ВА200М4	37,0		295
ВА200L4	45,0		320
ВА112МА6	3,0	1000	74
ВА112МВ6	4,0		78
ВА132S6	5,5		81
ВА132М6	7,5		100
ВА160S6	11,0		175
ВА160М6	15,0		200

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
ВА180М6	18,5		225
ВА200М6	22,0	1000	285
ВА200L6	30,0		320
ВА112МА8	2,2		74
ВА112МВ8	3,0		78
ВА132S8	4,0		85
ВА132М8	5,5		99
ВА160S8	7,5	750	175
ВА160М8	11,0		195
ВА180М8	15,0		225
ВА200М8	18,5		285
ВА200L8	22,0		310
Электродвигатели взрывозащищенные для моноблокнасосов			
ВА80МА2 Ж1У2	1,5	3000	38
ВА80МВ2 Ж1У2	2,2		40
ВА80МА4 Ж1У2	1,1	1500	38
ВА80МВ4 Ж1У2	1,5		40
Электродвигатели взрывозащищенные с пониженной мощностью			
ВА132SB2	7,5	3000	86
ВА132SB4	5,5	1500	
ВА132SA6	3,0	1000	81
ВА132SB6	4,0		
ВА132SA8	2,2	750	85
ВА132SB8	3,0		

Таблица 10.4

Взрывозащищенные асинхронные электродвигатели серии 1 ВАО (аналог ВАО2) (защита IP54; производитель СЭЗ)

Электродвигатели асинхронные взрывозащищенные с короткозамкнутым ротором используют в нефтеперерабатывающей металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности. Двигатели предназначены для привода насосов, воздуходувок, вентиляторов, дымососов, мельниц и других механизмов, работающих во взрывоопасных помещениях. В двигателях установлены подшипники SKF.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
1ВАО280ХК-0,38-2У2, подш. SKF	55	380	3000	880
1ВАО280ХК-0,66-2У2, подш. SKF		660		
1ВАО280S-0,38-8У2, подш. SKF		380	750	900
1ВАО280S-0,66-8У2, подш. SKF		660		
1ВАО-280SA-0,38-8еУ2		380		835
1ВАО-280SA-0,66-8еУ2		660		
1ВАО280Х-0,38-2У2, подш. SKF	75	380	3000	900
1ВАО280Х-0,66-2У2, подш. SKF		660		
1ВАО280S-0,38-6У2, подш. SKF		380	1000	
1ВАО280S-0,66-6У2, подш. SKF		660		
1ВАО280МА-0,38-8У2, подш. SKF		380	750	
1ВАО280МА-0,66-8У2, подш. SKF		660		
1ВАО-280SA-0,38-6еУ2		380	1000	831
1ВАО-280SA-0,66-6еУ2		660		
1ВАО-280SB-0,38-8еУ2		380	750	903
1ВАО-280SB-0,66-8еУ2		660		
1ВАО280Y-0,38-2У2, подш. SKF	90	380	3000	935
1ВАО280Y-0,66-2У2, подш. SKF		660		
1ВАО280МА-0,38-6У2, подш. SKF		380	1000	1000
1ВАО280МА-0,66-6У2, подш. SKF		660		
1ВАО280МВ-0,38-8У2, подш. SKF		380	750	1070
1ВАО280МВ-0,66-8У2, подш. SKF		660		
1ВАО280SB-0,38-6еУ2		380	1000	853
1ВАО-280SB-0,66-6еУ2		660		
1ВАО280SA-0,38-2У2, подш. SKF	110	380	3000	945

<table>
<tr><th>Тип (серия)</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$U_{ном}$, В</th><th>Частота вращения, об/мин</th><th>Масса, кг</th></tr>
<tr><td>1ВАО280SA-0,66-2У2, подш. SKF</td><td rowspan="7">110</td><td>660</td><td>3000</td><td>945</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SA-0,38-4У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">1500</td><td rowspan="2">925</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SA-0,66-4У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280МВ-0,38-6У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">1000</td><td rowspan="2">1070</td></tr>
<tr><td>1ВАО280МВ-0,66-6У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280L-0.38-8У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="4">750</td><td rowspan="2">1130</td></tr>
<tr><td>1ВАО280L-0,66-8У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО315М-0,38-8У2, подш. SKF</td><td rowspan="8">132</td><td>380</td><td rowspan="2">1475</td></tr>
<tr><td>1ВАО315М-0,66-8У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SB-0,38-2У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">3000</td><td rowspan="4">1020</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SB-0,66-2У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SB-0,38-4У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">1500</td></tr>
<tr><td>1ВАО280SB-0,66-4У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280L-0,38-6У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="4">1000</td><td rowspan="2">1130</td></tr>
<tr><td>1ВАО280L-0,66-6У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО315М-0,38-6У2, подш. SKF</td><td rowspan="6">160</td><td>380</td><td rowspan="2">1475</td></tr>
<tr><td>1ВАО315М-0,66-6У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО315L-0,38-8У2. подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">750</td><td rowspan="2">1645</td></tr>
<tr><td>1ВАО315L-0,66-8У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
<tr><td>1ВАО280М-0,38-2У2, подш. SKF</td><td>380</td><td rowspan="2">3000</td><td rowspan="2">1070</td></tr>
<tr><td>1ВА0280М-0,66-2У2, подш. SKF</td><td>660</td></tr>
</table>

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
1BAO280M-0,38-4У2, подш. SKF	160	380	1500	1070
1BA0280M-0,66-4У2, подш. SKF		660		
1BAO315L-0,38-6У2, подш.SKF	200	380	1000	1645
1BA0315L-0,66-6У2, подш. SKF		660		
1BAO280L-0,38-2У2. подш. SKF		380	3000	1130
1BAO280L-0,66-2У2. подш. SKF		660		
1BAO280L-0,38-4У2, подш. SKF		380	1500	
1BAO280L-0,66-4У2, подш. SKF		660		
1BAO315M-0,38-2У2, подш. SKF	250	380	3000	1400
1BAO315M-0,66-2У2, подш. SKF		660		
1BAO315M-0,38-4У2, подш. SKF		380	1500	1476
1BAO315M-0,66-4У2, подш. SKF		660		
1BAO315L-0,38-4У2, подш. SKF	315	380		1645
1BA0315L-0,66-4У2, подш. SKF		660		
BAH 173/39-10	1600	6000	600	12000
Взрывозащищенные электродвигатели в энергосберегающем исполнении (концерн «Русэлпром»)				
1BAO-280SA-0,38-2еУ2	110	380	3000	872
1BAO-280SA-0,66-2еУ2		660		
1BAO-280SB-0,38-2еУ2	132	380		975
1BAO-280SB-0,66-2еУ2		660		
1BAO-280SA-0,38-4еУ2	110	380	1500	962
1BAO-280SA-0,66-4еУ2		660		
1BAO-280SB-0,38-4еУ2	132	380		1085
1BAO-280SB-0,66-4еУ2		660		
1BAO-230SA-0,38-6еУ2	75	380	1000	831

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
1ВАО-280SA-0,66-6еУ2	75	660	1000	831
1ВАО-280SB-0,38-6еУ2	90	380		853
1ВАО-280SB-0,66-6еУ2		660		
1ВАО-280SA-0,38-8еУ2	55	380	750	853
1ВАО-280SA-0,66-8еУ2		660		
1ВАО-280SB-0,38-8еУ2	75	380		903
1ВАО-280SB-0,66-8еУ2		660		
Взрывозащищенные высоковольтные электродвигатели серии 1ВАО (высота оси вращения 450 и 560 мм) (концерн «Русэлпром»)				
1ВАО-450S-2У2,5	200	6000	3000	1700
1ВАО-450M-2У2,5	250			1800
1ВАО-450LA-2У2,5	315			2030
1ВАО-450LB-2У2,5	400			2330
1ВАО-450S-4У2,5	200		1500	1910
1ВАО-450M-4У2,5	250			2070
1ВАО-450LA-4У2,5	315			2350
1ВАО-450LB-4У2,5	400			2620
1ВАО-450M-6У2,5	200		1000	2150
1ВАО-450LA-6У2,5	250			2500
1ВАО-450LB-6У2,5	315			2620
1ВАО-450LA-8У2,5	200		75	2345
1ВАО-450LB-8У2,5	250			2660
1ВАО-560S-4У2,5	500		1500	3060
1ВАО-560M-4У2,5	630			3510
1ВАО-560LA-4У2,5	800			3980
1ВАО-560LB-4У2,5	1000			4470
1ВАО-560S-6У2,5	400		1000	3360
1ВАО-560M-6У2,5	500			3770
1ВАО-560LA-6У2,5	630			4290
1ВАО-560LB-6У2,5	800			4810
1ВАО-560S-8У2,5	315		750	3260
1ВАО-560M-8У2,5	400			3640
1ВАО-560LA-8У2,5	500			4340
1ВАО-560LB-8У2,5	630			4800

Шаговые электродвигатели

Предназначены для работы в качестве исполнительного элемента в вычислительной технике, в системах автоматического управления и контроля с применением микропроцессорной техники, в принтерах, контрольно-кассовых аппаратах, аппаратуре магнитной записи, медицинских приборах.

Тип (серия)	$U_{ном}$, В	$M_{вр.\ ном}$, Н·м	Номинальная приемистость, шаг/с	Макcим. приемистость, шаг/с	Номинальный шаг, град.	IP	Номинальный момент инерции нагрузки, кг·м^2	Производитель
ДШР-39	12	0,006	600	700	1,8	IP20	$17 \cdot 10^{-7}$	АЭТЗ
ДШР-46		0,0025	700	750			$6 \cdot 10^{-7}$	

Таблица 10.6

Индукторные электродвигатели с регулируемой частотой вращения

Двигатели серии ВИД имеют класс взрывозащиты 1ExdllBT4 и предназначены для привода нефтяных насосов; электродвигатели серии ИД — для безредукторного привода вентиляторов градирен.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
Вид-26-370У2	26	380	370	1045	IP54	СЭЗ
ИД-30-187	30	540	187	2000	IP44	
ИД-200-115	200	380	115	7000	IP54	

Таблица 10.7

Асинхронные высоковольтные электродвигатели общепромышленного и специального исполнения серии ДА304, ДА305

Предназначены для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения (насосов, вентиляторов и др.), работают от сети переменного тока напряжением 3000 и 5000 В частотой 50 Гц.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДА304-250-1000Т3	250	6000	1000	2430	IP54	ЛЭЗ
ДА304-315-1500Т3	315		1500	2380		
ДА304-400-1000Т1	400		1000	3400		
ДА304-400-6-1500УХЛ1			1500	2380		
ДА304-400У-10(М)У1	200	6000 (3000)	600	2590		СЭЗ, ЛЭЗ

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДА304-400У-4(М)У1	500	6000 (3000)	1500	2630	IP54	СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-400У-6(М)У1	400		1000	2650		
ДА304-400У-6СУ1 уд. вал		6000		2850		ЛЭЗ
ДА304-400У-8(М)У1	250	6000 (3000)	750	2610		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-400Х-4(М)У1	400		1500	2330		
ДА304-400Х-6(М)У1	315		1000	2380		
ДА304-400Х-6НУ2	400	380/660				ЛЭЗ
ДА304-400Х-8(М)У1	200	6000 (3000)	750	2340		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-400ХК-4АТ	250	6000	1500	2190		ЛЭЗ
ДА304-400ХК-4М4				2420		
ДА304-400ХК-4(М)У1	315	6000 (3000)		2190		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-400ХК-6(М)У1	250		1000	2220		
ДА304-400ХК-6ПУ1	160	6000				ЛЭЗ
ДА304-450У-10(М)У1	315	6000 (3000)	600	3100		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-450У-12(М)У1	250		500	3120		
ДА304-450У-4(М)У1	800		1500	3300		
ДА04-450У-6(М)У1	630		1000	3350		
ДА304-450У-8(М)У1	500		750	3470		
ДА304-450У-8У3		6000				ЛЭЗ
ДА304-450УК-8(М)У1	400	6000 (3000)		3200		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-450УК-8ЭУ1		6000				ЛЭЗ
ДА304-450Х-10(М)У1	250	6000 (3000)		2770		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-450Х-12МУ1	200		500	2860		СЭЗ
ДА304-450Х-12У1		6000		2890		ЛЭЗ
ДА304-450Х-4(М)У1	630	6000 (3000)	1500	2900		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-450Х-6МУ1	500		1000	2950		СЭЗ
ДА304-450Х-6У1		6000	1000			ЛЭЗ
ДА304-450Х-6ЭУ1						
ДА304-450Х-8(М)У1	315	6000 (3000)	750	2870		СЭЗ, ЛЭЗ
ДА304-560Х-8ДУ1	630	10000	750	5060		ЛЭЗ
ДА304-85/37-4У1	400		1500	2820	IP44	СЭЗ
ДА304-85/37К-4У1	315					

Окончание таблицы 10.7

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДА304-5/40-6У1	315	10000	1000	2800	IP44	СЭЗ
ДА304-85/43-4У1	500		1500	3250	IP54	ЛЭЗ
ДА304-85/43-4У1				3065		СЭЗ
ДА304-85/49-4У1	630			3450		ЛЭЗ
ДА304-85/49-4У1				3325		СЭЗ
ДА304-85/50-6У1	330		1000	3400		ЛЭЗ
ДА304-85/51-6У1	400			3300	IP44	СЭЗ
ДА304-85/51-8У1	315		750	2900		
ДА304-85/54-6У1	500		1000	3500	IP54	ЛЭЗ
ДА304-85/54-6У1				3400	IP44	СЭЗ
ДА304-85/55-4У1	800		1500	3530		
ДА304-85/59-6У1	630		1000	3600		
ДА304-85/62-8У1	400		750	3660	IP54	ЛЭЗ
ДА304-85/62-8У1				3750	IP44	СЭЗ
ДА305-450-4У1	450	6000	1500	3250		ЛЭЗ
ДА305-450У-4УХЛ1	630					

Таблица 10.8

Асинхронные электродвигатели серии ДАЗ, ДАЗ-М одно- и двухскоростные с короткозамкнутым ротором

Предназначены для привода нагнетателей, насосов и других механизмов.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
ДАЗ 250-0,38-10000ИУХЛЗ	250	380	1000	2270	IP55	ЛЭЗ
ДАЗ 4-85/62-8В	400	10000	750	3600	IP44	
ДАЗ-500-6-1500ТВ4	500	600	1500	3440	IP54	
ДАЗ-630-6-1500ТВ4	630			3410		
ДАЗ-800-6-1000АЗТЗ	800		1000	6000		
ДАЗ-500-0,66/0,38-750У1	500	660/380	750	3350		

Таблица 10.9

Асинхронные электродвигатели серии ДАЗО с короткозамкнутым ротором (ЛЭЗ)

Предназначены для привода механизмов с тяжелыми условиями пуска.

<table>
<tr><th>Тип (серия)</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$U_{ном}$, В</th><th>Частота вращения, об/мин</th><th>Масса, кг</th><th>IP</th></tr>
<tr><td>ДАЗ-14-49-4МУХЛ4</td><td>1250</td><td rowspan="5">6000</td><td rowspan="5">1500</td><td>6000</td><td rowspan="5">IP43</td></tr>
<tr><td>ДАЗ-14-59-4МУХЛ4</td><td>1600</td><td>6600</td></tr>
<tr><td>ДАЗ-14-69-4МУХЛ4</td><td>2000</td><td>7250</td></tr>
<tr><td>ДАЗ-14-79-4МУХЛ4</td><td rowspan="2">2500</td><td>8000</td></tr>
<tr><td>ДАЗ-14-79-4УХЛ</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-160-0,38-600У1</td><td rowspan="3">160</td><td rowspan="2">380</td><td>600</td><td>2590</td><td>IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-160-0,38-750У1</td><td>750</td><td>2680</td><td>IP55</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-160-0,4-1000Т1</td><td>400</td><td>1000</td><td>2420</td><td>IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-55-12МУ1</td><td>200</td><td rowspan="4">6000</td><td rowspan="2">500</td><td>4400</td><td rowspan="4">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО13-70-12МУ1</td><td rowspan="7">250</td><td>5000</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-12-55-8МУ1</td><td>750</td><td>3600</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-42-10МУ1</td><td>600</td><td>3700</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-250-0,38-1500У1</td><td rowspan="2">380</td><td>1500</td><td>2345</td><td rowspan="2">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-250-0,38-750У1</td><td>750</td><td>2680</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-250-10-1000У1</td><td>10000</td><td>1000</td><td>3180</td><td>IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-250-6,6-750Т1</td><td rowspan="2">6000</td><td>750</td><td>2870</td><td>IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-300-6-1000СУ1</td><td>300</td><td rowspan="2">1000</td><td>3900</td><td rowspan="3">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-0,38-1000ДУ1</td><td rowspan="7">315</td><td rowspan="3">380</td><td>2450</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-0,38-1500У1</td><td>1500</td><td>2345</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-0,38-750У1</td><td>750</td><td>2920</td><td>IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-10-1000У1</td><td rowspan="2">10000</td><td>1000</td><td>3420</td><td rowspan="2">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-10-1500У1</td><td>1500</td><td>2810</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-315-6-500УХЛ1</td><td rowspan="10">6000</td><td rowspan="2">500</td><td>4860</td><td rowspan="2">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-315/500-6У1</td><td>4730</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-12-36-4МУ1</td><td rowspan="4">320</td><td>1500</td><td>3000</td><td rowspan="9">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-12-55-6МУ1</td><td>1000</td><td>3600</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-42-8МУ1</td><td>750</td><td>3900</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-55-10МУ1</td><td>600</td><td>4400</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-12-41-4МУ1</td><td rowspan="8">400</td><td>1500</td><td>5150</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-42-6МУ1</td><td>1000</td><td>3800</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-55-8МУ1</td><td>750</td><td>4600</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-70-10МУ1</td><td>600</td><td>5450</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-0,38-1000У2</td><td rowspan="2">380</td><td>1000</td><td>2510</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-0,38-600У1</td><td>600</td><td>2510</td><td rowspan="2">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-0,66-750У1</td><td>660</td><td>750</td><td>3370</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-10-1000У1</td><td>10000</td><td>1000</td><td>3400</td><td>IP44</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Тип (серия)</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$U_{ном}$, В</th><th>Частота вращения, об/мин</th><th>Масса, кг</th><th>IP</th></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-10-1500У1</td><td rowspan="5">400</td><td rowspan="2">10000</td><td>1500</td><td>3050</td><td>IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-10-600У1</td><td>600</td><td>5410</td><td rowspan="4">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-6-500УХЛ1</td><td rowspan="7">6000</td><td>500</td><td>5370</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-400-6-600УХЛ1</td><td>600</td><td>4600</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-400/500-6У1</td><td>500</td><td>5120</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-400/600-6У1</td><td>400</td><td>600</td><td>4480</td><td>IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-12-55-4МУ1</td><td rowspan="11">500</td><td>1500</td><td>3700</td><td rowspan="3">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-55-6МУ1</td><td>1000</td><td>4300</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-70-8МУ1</td><td>750</td><td>5300</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-0,66-600У1</td><td>660/380</td><td>600</td><td>4770</td><td rowspan="8">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-3-600УХЛ1</td><td>3000</td><td>600</td><td>4810</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-6,6-1000Т1</td><td rowspan="12">6000</td><td>1000</td><td>3600</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-6-500УХЛ1</td><td>500</td><td>6240</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-6-600УХЛ1</td><td>600</td><td>4900</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-500-6-750УХЛ1</td><td>750</td><td>5270</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-500/500-6У1</td><td>500</td><td>5910</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-500/600-6У1</td><td>600</td><td>4770</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-50-4МУ1</td><td rowspan="14">630</td><td>1500</td><td>4900</td><td rowspan="4">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-67-6МУ1</td><td>1000</td><td></td></tr>
<tr><td>ДАЗО16-630-6-8У1</td><td>750</td><td>7950</td></tr>
<tr><td>ДАЗО17-630/600У1</td><td>600</td><td>11950</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-630/500-6У1</td><td>500</td><td>6220</td><td rowspan="5">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-630/600-6У1</td><td>600</td><td>5480</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-630/750-10У1</td><td>1000</td><td rowspan="2">750</td><td rowspan="2">5060</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-560-630/750-6У1</td><td>6000</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-0,6-1000У3</td><td>600</td><td rowspan="3">1000</td><td>3480</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-10-1000У1</td><td>10000</td><td>3800</td><td>IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-6-1000У1</td><td rowspan="4">6000</td><td>3420</td><td rowspan="4">IP54</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-6-500УХЛ1</td><td>500</td><td>6740</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-6-600УХЛ1</td><td>600</td><td>5390</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-630-6-750УХЛ1</td><td>750</td><td>5270</td></tr>
<tr><td>ДАЗО-13-62-4МУ1</td><td rowspan="9">800</td><td rowspan="9"></td><td>1500</td><td>5500</td><td rowspan="9">IP44</td></tr>
<tr><td>ДАЗО16-800-6-10У1</td><td>600</td><td>11750</td></tr>
<tr><td>ДАЗ016-800-6-8У1</td><td>750</td><td>8950</td></tr>
<tr><td>ДАЗО16-800-6-6У1</td><td>1000</td><td>8500</td></tr>
<tr><td>ДАЗО16-800-6-8У1</td><td rowspan="2">750</td><td>8950</td></tr>
<tr><td>ДАЗО16-800-8У1</td><td>10950</td></tr>
<tr><td>ДАЗО17-800/600У1</td><td>600</td><td>12100</td></tr>
<tr><td>ДАЗО17-800/750У1</td><td>750</td><td>10300</td></tr>
<tr><td>ДАЗО17-800-10V1</td><td>600</td><td>12100</td></tr>
</table>

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP
ДАЗО-560-800/1000-10У1		10000		4970	
ДАЗО-560-800/1000-3		3000	1000		
ДАЗО-560-800/1000-6У1		6000		4970	
ДАЗО-560-800/600-6У1		6000	600	6230	
ДАЗО-560-800/750-10У1		10000			
ДАЗО-560-800/750-6,6Т1	800	660	750	5830	
ДАЗО-560-800/750-6У1		6000			
ДАЗО-800-10-1000У1		10000	1000	5300	
ДАЗО-800-6-1000УХЛ1				5200	
ДАЗО-800-6-600УХЛ1		6000	600	6500	
ДАЗО-800-6-750УХЛ1				6280	
ДАЗО-1000-10-750ДУ1		10000	750	6850	IP54
ДАЗО-1000-10-750УХЛ1					
ДАЗО-1000-6-1000УХЛ1		6000	1000	5530	
ДАЗО-1000-6-1500УХЛ1			1500	5370	
ДАЗО-1000-6-750УХЛ1	1000		750	6850	
ДАЗО-560-1000/1000-10У1		10000	1000	5820	
ДАЗО-560-1000/1000-6У1		6000	1000	5280	
ДАЗО-560-1000/1500-6У1			1500	5265	
ДАЗО-560-1000/750-10У1		10000	750	6240	
ДАЗО-560-1000/750-6У1					
ДАЗО-1250-6-1000УХЛ1		6000	1000	6190	
ДАЗО-1250-6-1500УХЛ1			1500	6200	
ДАЗО-16-1250-10-750У1		10000	750	13300	IP44
ДАЗО-16-1250-4У1	1250		1500	12500	
ДАЗО-560-1250/1000-6У1		6000	1000	5820	
ДАЗО-560-1250/1500-0У1			1500	5800	IP54
ДАЗО-560-1250/1500-6У112270				5400	
ДАЗО-16-1600-10-6		10000	1000	12270	IP44
ДАЗО-1600-6-1500УХЛ1	1600		1500	6750	
ДАЗО-560-1600/1000-6У1			1000	6450	
ДАЗО-560-1600/1500-6У1				5760	
ДАЗО-2000-6-1500УХЛ1		6000		7400	IP54
ДАЗО-560-2000/1500-6У1	2000		1500	6420	
ДАЗО-2500-6-1500У1				7800	

Таблица 10.10

Асинхронные электродвигатели серии ДАП (частота вращения 1500 об/мин (ЛЭЗ)

Предназначены для привода нагнетателей и других механизмов, работающих во взрывоопасных зонах.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Масса, кг	IP
ДАП-14-49-4МУХЛ4	1250	6000	6000	IP43
ДАП-14-49-4УХЛ4			7450	
ДАП-14-59-4МУХЛ4	1600		6600	
ДАП-14-59-4УХЛ4			8220	
ДАП-14-69-МУХЛ4	2000		7250	
ДАП-14-69-4УХЛ4			9140	
ДАП-14-79-4МУХЛ4	2500		8000	
ДАП-14-79-4УХЛ4			10140	
ДАП-15-83-4/8У4	2500/500	10000	15150	
ДАП-3600-6-1500УХЛ4	3600	6000	10500	IP54

Таблица 10.11

Асинхронные электродвигатели серии ДАВ (защита IP23; производитель — СЭЗ)

Электродвигатели серии ДАВ являются аналогами двигателей А4-355. Предназначены для привода механизмов, не требующих изменения частоты вращения.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
ДАВ-200-4У3	200	6000 (3000)	1500	1420
ДАВ-250-4У3	250			
ДАВ-315-4У3	315			

Таблица 10.12

Асинхронные электродвигатели серии АО, АО2 ($U_{ном}$ = 6000 В; защита IP44; производитель — ЛЭЗ)

Предназначены для привода тягодутьевых механизмов с тяжелыми условиями пуска.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	Частота вращения, об/мин	Масса, кг
АО-1700-6-500У1	1700	500	20500
АО-2000-6-500У1	2000		17600
АО2-20-83-12У1	5000	500	42000
АО2-21-39-16У1	2000	375	34000
АО2-21-49-16У1	3150		38000
АО-3200-6-600УХЛ1	3200	600	29600
АО-5600-6-500У1	5600	500	48200

Таблица 10.13

Трехфазные низковольтные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором серии А, обдуваемые, общего назначения (Ярославский электромашиностроительный завод)

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД,%, при нагрузке, %		cosφ при нагрузке, %		Ток при 380В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
				100	75	100	75				
3000 об/мин (2 полюса)											
71	0,75	А71А2	2781	74,0	73,7	0,83	0,74	1,9	5,3	2,5	2,7
71	1,1	А71В2	2800	77,0	77,5	0,86	0,78	2,5	5,2	2,6	2,8
80	1,5	А80А2	2835	79,0	80,2	0,87	0,82	3,3	6,5	2,8	3,0
80	2,2	А80В2	2820	82,0	82,8	0,87	0,82	4,6	6,5	3,2	3,4
90	3,0	А90L2	2805	82,0	82,6	0,86	0,79	6,5	6,5	3,1	3,2
100	4,0	А100S2	2805	83,0	83,2	0,84	0,82	8,8	6,8	3,6	3,6
100	5,5	А100L2	2890,	87,0	88,3	0,87	0,84	11	7,0	2,5	3,4
112	7,5	А112М2	2895	88,0	88,1	0,89	0,88	15	7,0	2,5	3,2
132	11,0	А132М2	2890	88,0	87,1	0,88	0,84	22	7,5	2,8	3,5
160	15,0	АНР160S2	2940	89,0	88,9	0,86	0,82	30	7,5	2,0	3,2
160	18,5	АИР160М2	2940	90,0	90,2	0,87	0,84	35	7,5	2,0	3,2
180	22,0	А180S2	2940	90,5	90,2	0,89	0,86	42	7,5	2,1	3,5
180	30,0	А180М2	2940	92,0	91,8	0,89	0,87	56	7,5	2,2	3,5
200	37,0	А200М2	2950	92,0	91,9	0,88	0,85	70	7,5	2,3	3,2
200	45,0	А200L2	2940	92,5	92,7	0,90	0,89	83	7,5	2,4	3,3
225	55,0	А225М2	2955	93,5	93,5	0,90	0,88	100	7,5	2,3	4,0
250	75,0	А250S2	2967	94,0	93,8	0,90	0,89	136	7,5	2,6	4,0
250	90,0	А250М2	2960	94,0	93,6	0,91	0,89	159	7,5	2,7	4,0
280	110,0	А280S2	2960	93,7	93,7	0,90	0,89	198	7,5	2,5	3,3
280	132,0	А280М2	2970	94,0	94,0	0,90	0,88	235	8,5	2,5	3,0
315	160,0	А315S2	2960	94,0	94,0	0,90	0,88	286	8,0	2,8	4,0
315	200,0	А315М2	2975	95,7	95,5	0,90	0,87	351	7,5	2,2	3,8

Продолжение таблицы 10.13

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД,%, при нагрузке, %		cosφ при нагрузке, %		Ток при 380В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
				100	75	100	75				
1500 об/мин (4 полюса)											
71	0,55	A71A4	1410	71,0	65,7	0,78	0,65	1,5	4,0	2,0	2,2
71	0,75	A71B4	1415	73,0	72,1	0,74	0,62	2	4,5	2,0	2,5
80	1,1	A80A4	1420	77,0	76,6	0,80	0,71	2,7	5,5	2,3	2,6
80	1,5	A80B4	1420	78,5	79,1	0,80	0,71	3,6	5,5	2,3	2,8
90	2,2	A90L4	1388	79,0	80,8	0,83	0,73	5,4	5,0	2,2	2,6
100	3,0	AI00S4	1395	79,0	79,6	0,80	0,70	7,3	5,5	2,7	3,0
200	45,0	A200L4	1460	92,5	93,1	0,87	0,83	86	7,0	2,2	3,2
225	55,0	A225M4	1475	93,0	93,3	0,87	0,85	105	7,9	2,8	3,7
250	75,0	A250S4	1470	92,5	92,7	0,90	0,88	137	7,0	2,5	3,2
250	90,0	A250M4	1470	94,0	93,7	0,90	0,86	172	7,0	2,5	3,2
280	110,0	A280S4	1470	94,1	94,0	0,90	0,87	198	8,0	2,9	3,4
280	132,0	A280M4	1480	95,4	95,0	0,89	0,81	235	8,0	2,0	3,4
315	160,0	A315S4	1487	95,8	95,0	0,87	0,82	291	8,5	2,5	3,7
315	200,0	A315M4	1485	95,9	—	0,87	—	370	8,0	2,5	3,5
355	250,0	RA355S4	1485	95,5	—	0,85	—	446	7,0	1,9	2,0
355	315	RA35MA4	1485	95,5	—	0,85	—	588	7,0	1,9	2,0
355	355	RA35MB4	1485	96,0	—	0,85	—	660	7,0	1,9	2,0
0355	500,0	RA355LC	1485	96,0	—	0,85	—	928	7,0	1,9	2,0
1000 об/мин (6 полюсов)											
80	0,75	A80A6	930	71,0	72,9	0,70	0,61	2,3	4,0	2,0	2,4
80	1,1	A80B6	930	73,5	73,6	0,72	0,62	3,2	4,0	2,0	2,4
90	1,5	A90L6	940	75,0	77,0	0,73	0,66	4,0	4,5	2,4	2,5
100	2,2	A100L6	930	80,0	79,8	0,72	0,62	5,8	4,3	2,0	2,2
112	3,0	Al12MA6	960	83,0	83,3	0,79	0,70	7	5,9	2,2	2,6
112	4,0	A112MB6	960	84,0	85,0	0,80	0,74	9	6,0	2,2	2,6

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД,%, при нагрузке, %		cosφ при нагрузке, %		Ток при 380В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
				100	75	100	75				
132	5,5	A132S6	950	84,0	85,0	0,82	0,74	12	5,5	2,2	2,5
132	7,5	A132M6	960	84,5	85,0	0,77	0,69	18	6,5	2,8	3,1
160	11,0	АНР160S6	970	87,0	87,8	0,82	0,75	23	6,5	1,9	2,9
160	15,0	АИР160M6	970	89,0	89,5	0,82	0,75	31	7,0	2,3	3,0
180	18,5	A180M6	970	89,0	90,0	0,86	0,81	37	6,0	2,2	3,0
200	22,0	A200M6	975	90,0	90,1	0,84	0,79	44	7,0	2,4	3,3
200	30,0	A200L6	975	90,0	90,2	0,84	0,79	60	6,5	2,1	3,0
225	37,0	A225M6	980	92,2	92,6	0,87	0,84	70	6,5	2,0	3,0
250	45,0	A250S6	986	93,0	93,0	0,86	0,82	85	7,0	1,8	3,0
250	55,0	A250M6	986	93,0	92,8	0,87	0,83	103	7,5	1,9	3,4
280	75,0	A280S6	985	93,2	93,3	0,87	0,84	140	7,5	2,0	3,2
280	90,0	A280M6	985	93,8	94,0	0,89	0,87	163	7,5	2,0	3,2
315	110,0	A315S6	987	94,6	94,6	0,90	0,88	196	7,5	1,7	2,7
315	132,0	A315M6	989	95,0	94,9	0,90	0,87	234	8,0	1,7	2,9
355	160,0	RA355S6	990	95,0	—	0,83	—	307	6,5	2,0	2,2
750 об/мин (8 полюсов)											
160	7,5	АНР160S8	730	85,0	85,4	0,73	0,65	18	5,5	1,8	2,4
160	11,0	АИР160M8	730	87,0	87,5	0,75	0,68	26	5,5	1,8	2,4
180	15,0	A180M8	730	88,0	88,7	0,76	0,69	35	5,5	1,7	2,7
200	18,5	A200M8	728	89,0	89,6	0,80	0,74	40	5,8	2,1	2,5
200	22,0	A200L8	725	89,5	90,0	0,77	0,70	48	6,0	2,0	2,5
225	30,0	A225M8	730	90,0	89,8	0,79	0,73	64	6,0	2,0	3,0
250	37,0	A250S8	738	92,0	92,2	0,80	0,76	76	6,0	1,8	2,5
250	45,0	A250M8	735	92,0	92,5	0,80	0,76	93	6,0	1,8	2,6
280	55,0	A280S8	735	93,0	93,2	0,80	0,76	113	6,5	1,9	3,0
280	75,0	A280M8	735	93,0	93,4	0,80	0,75	153	6,3	1,8	2,8

Окончание таблицы 10.13

Высота оси враще-ния, мм	Мощ-ность, кВт	Тип (серия)	Частота враще-ния, об/мин	КПД,%, при нагрузке, %		cosφ при нагрузке, %		Ток при 380В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
				100	75	100	75				
315	90,0	A315S8	740	94,2	94,2	0,82	0,78	178	6,0	1,3	2,3
315	110,0	A315M8	742	94,0	94,0	0,80	0,75	220	7,0	1,6	2,8
500 об/мин (12 полюсов)											
160	5,5	АИР160М1 2	480	75,0	—	0,58	—	19	3,4	1,4	2,1
180	7,0	A180MA12	480	81,0	—	0,67	—	19	3,6	1,4	2,2
180	9,0	A180MB12	485	84,0	—	0,63	—	26	4,0	1,7	2,3
200	11,0	A200M12	480	83,0	—	0,61	—	33	4,0	1,9	2,5
200	13,0	A200LA12	475	83,3	—	0,65	—	36	3,8	1,4	2,1
200	15,0	A200LB12	483	87,0	—	0,70	—	38	3,8	1,4	2,0
225	18,5	A225M12	485	86,0	—	0,70	—	48	5,0	2,0	2,2

Дополнительные технические характеристики:

- класс изоляции — *F*;
- степень защиты — IP54;
- номинальная частота — 50 (60) Гц;
- номинальное напряжение 380; 220/380; 380/660 В;
- высота над уровнем моря ≤ 1000 м;
- окружающая температура ≤ 40°C.

Таблица 10.14

Взрывозащищенные трехфазные низковольтные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором (Ярославский электромашиностроительный завод)

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Ток при 380 В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
3000 об/мин (2 полюса)									
100	4,0	BA100S2	2820	80,0	0,85	9	6,5	3,8	3,8
132	7,5	BA,BAP132S2	2880	87,0	0,89	15	7,0	2,5	3,2
132	11,0	BA,BAP132M2	2865	87,5	0,89	21	7,0	2,5	3,2
160	11,0	BA,BAP160SA2	2940	87,5	0,89	22	6,8	2,0	3,3
160	15,0	BA,BAP160S2	2940	90,0	0,86	29	7,5	2,0	3,2
160	18,5	BA,BAP160M2	2940	90,0	0,88	35	7,5	2,0	3,2
180	22,0	BA180S2	2940	90,5	0,89	42	7,5	2,1	3,5
180	30,0	BA180M2	2940	92,0	0,89	56	7,5	2,2	3,5
200	30,0	BRA200LA2	2940	91,4	0,88	57	7,0	2,3	3,6
200	37,0	BA200M2 BRA200LB2	2950	92,0	0,88	70	7,5	2,3	3,2
200	45,0	BA200L2	2940	92,5	0,90	83	7,5	2,3	3,3
225	45,0	BRA225M2	2940	92,5	0,90	83	7,5	2,4	3,3
1500 об/мин (4 полюса)									
100	3,0	BA100S4	1415	79,5	0,80	7	5,5	2,8	3,3
132	5,5	BA,BAP132SA4	1450	87,0	0,85	11	7,0	2,4	3,0
132	7,5	BA,BAP132S4	1455	88,0	0,83	16	7,0	2,8	3,22
132	11,0	BA,BAP132M4	1430	87,0	0,85	23	7,0	2,6	3,12
160	11,0	BA,BAP160SA4	1460	87,5	0,82	23	6,5	2,4	3,3
160	15,0	BA,BAP160S4	1460	88,5	0,81	32	7,0	2,6	3,4
160	18,5	BA,BAP160M4	1455	89,5	0,88	36	7,0	2,4	3,2
180	22,0	BA180S4	1460	89,5	0,85	44	7,5	2,4	3,4

Продолжение таблицы 10.14

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Ток при 380 В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
180	30,0	BA180M4	1460	91,0	0,89	56	7,0	2,4	3,0
200	30,0	BRA200L4	1465	91,5	0,86	58	7,0	2,3	3,2
200	37,0	BA200M4	1460	92,0	0,87	70	7,5	2,2	3,5
200	45,0	BA200L4	1460	92,5	0,87	86	7,0	2,2	3,2
225	37,0	BRA225M4	1460	92,0	0,87	70	7,5	2,2	3,5
225	45,0	BRA225L4	1460	92,5	0,87	86	7,0	2,2	3,2
1000 об/мин (6 полюсов)									
132	3,0	BA,BAP132SA6	960	83,0	0,79	7	5,9	2,2	2,6
132	4,0	BA,BAP132SB6	960	84,0	0,80	9	6,0	2,2	2,6
132	5,5	BA,BAP132S6	950	83,0	0,82	12	5,0	2,2	2,5
132	7,5	BA,BAP132M6	960	84,5	0,77	18	6,5	2,8	3,1
160	7,5	BA,BAP160SA6	970	87,0	0,80	16	6,0	2,0	2,8
160	11,0	BA,BAP160S6	970	88,5	0,82	23	6,5	2,2	2,9
160	15,0	BA,BAP160M6	970	89,0	0,82	31	7,0	2,3	3,0
180	18,5	BA180M6	970	89,0	0,86	37	6,0	2,2	3,0
200	18,5	BRA200LA6	970	87,0	0,82	39	5,5	1,8	2,7
200	22,0	BA200M6 BRA200LB6	970	87,0	0,84	46	6,0	2,0	2,5
200	30,0	BA200L6	975	90,0	0,84	60	6,5	2,1	3,0
225	30,0	BRA225M6	975	90,0	0,84	60	6,5	2,1	3,0
750 об/мин (8 полюсов)									
160	4,0	BA,BAP160SA8	735	84,0	0,71	10	4,8	1,8	2,2
160	5,5	BA,BAP160SB8	735	84,0	0,71	14	4,8	1,8	2,2
160	7,5	BA,BAP160S8	730	85,0	0,73	18	5,5	1,8	2,4
160	11,0	BA,BAP160M8	730	87,0	0,75	26	5,5	1,8	2,4

Окончание таблицы 10.14

Высота оси вращения, мм	Мощность, кВт	Тип (серия)	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Ток при 380 В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
180	15,0	BA180M8	730	86,5	0,76	35	5,5	2,0	2,7
200	15,0	BRA200L8	730	88,0	0,80	32	5,7	2,0	2,5
200	18,5	BA200M8	730	88,5	0,80	40	5,8	2,1	2,5
200	22,0	BA200L8	725	89,5	0,77	48	6,0	2,0	2,5
225	18,5	BRA225S8	730	88,5	0,80	40	5,8	2,1	2,5
225	22,0	BRA225M8	725	89,5	0,77	48	6,0	2,0	2,5

Номинальное напряжение: 380; 660 В.
Степень защиты: IP54.
Климатическое исполнение: У2,5.
Уровень взрывозащиты для двигателей:

- BA 90, 100, 132, 160, 180 — 1ExdIIBT5;
- BA 200, 225 и BRA 200, 225 — 1ExdIICT4;
- BAR — РВ3В.

Монтажное исполнение: 1М 101, 1М 2001, 1М 3001.

Таблица 10.15

Двигатели асинхронные вертикальные короткозамкнутые (ОАО «Уралэлектротяжмаш», г. Екатеринбург)

Тип	Мощность, кВт	Частота вращении, об/мин	Нап-ряжение, В	Масса, т	Степень защиты
4АВ-118/41-8АМ3	800			6,3	IP44
ВАН-П8/51-8АМУ3	1000			6,1	
ВАН-118/23-8У3	400	750		5,1	
ВАН-118/41-8У3	800			6,2	
ВАН-118/51-8У3	1000			6,7	
ВАН-118/23-10У3	315			5,0	
ВАН-118/41-10У3	630			6,2	
ВАН-118/51-10У3	800			6,7	
ВАН-143/41-10У3	1000	600		8,3	
ВАН-143/51-10У3	1250			9,0	
ВАН-173/39-10У3	1600			11,6	
ВАН-118/28-12У3	315			5,3	
ВАН-118/51-12У3	630			6,7	
ВАН-143/41-12У3	800			8,2	IP23
ВАН-143/51-12У3	1000		6000	8,9	
ВАН-173/39-12У3	1250	500		11,6	
ВАН-173/46-12У3	1600			12,3	
ВАН-215/41-12У3	2500			17,7	
ВАН-143/36-16У3	500			7,3	
ВАН-143/46-16У3	630			8,6	
ВАН-173/36-16У3	800			10,7	
ВАН-173/46-16У3	1000	375		11,8	
ВАН-173/56-16У3	1250			12,9	
ВАН-215/41-16У3	1600			15,1	
ВАН-215/59-16У3	2500			20,3	
ВАН-118/41-10МТ3	500	600		6,2	
ВАН-118/51-8МТ3	800	750		6,7	
АВ16-31-12КМТ3	630	600		10	
ВАН-173/39-12КМТ3				11,8	
ВАН-173/39-12КМТ3	1000	500	6600		IP21
АВ16-49-I2Т3			11000	12,5	

Таблица 10.16

Электродвигатели асинхронные типов 5А200, 5А225, 5АМ250, 5АМ280 многоскоростные (ОАО «ВЭЗ»)

Типоисполнение	Номинальная мощность, кВт	Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Номиналь ный ток при 380В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
5А200М4/2	27/35	1475/2945	91,5/90	0,84/0,91	53,2/64,8	2,1/1,7	7,4/7,2	2,7/2,5
5А200L4/2	30/38,6	1470/2950	92/91,5	0,86/0,93	58/68	2,1/1,7	7/7	2,4/2,4
5А225М42/4	42/48	1480/2960	90/91,5	0,84/0,91	84/87	2/1,7	7/7,5	2,3/2,5
5АМ250S4/2	55/60	1480/2870	94/89	0,85/0,88	104/1116	2,1/1,8	6,9/7,5	2,2/2,8
5АМ250М4/2	63/80	1470/2970	94/91	0,86/0,9	118/148	2,1/1,6	6,7/6,7	2,2/2,4
5АМ280S4/2	75/90	1470/2970	94/93	0,88/0,89	137/165	2/1,7	6,5/7	2,5/2,5
5А200М6/4	20/22	980/1460	88,5/88	0,78/0,9	44/42,5	2,2/1,9	6,5/6	2,4/2
5А200L6/4	24/27	980/1460	88/88,5	0,75/0,9	55/52	2,7/2,2	6,9/5,5	2,7/2
5А200М12/6	9/14	475/980	83/90	0,6/0,88	27,4/26,8	1,9/1,9	4/6,3	1,9/2,3
5А200L12/6	10/17	475/980	83,5/90	0,6/0,88	1,8/1,7	3,9/6	1,8/2,1	200/166
5А225М12/6	14/25	485/980	83,5/90	0,58/0,87	1,8/1,6	4/6	1,9/2	281/243
5АМ250S12/6	16/30	490/985	86/91,5	0,52/0,85	2,1/1,6	4,3/6	1,9/1,9	312/291
5АМ250М12/6	18,5/36	490/985	84/90,5	0,53/0,86	2,1/1,7	4,2/5,8	1,9/1,9	360/349
5А200М8/4	15/22	730/1460	86/89	0,66/0,89	2,1/1,8	5,3/6,4	2,2/2,2	196/144
5А200L8/4	17/24	730/1460	86/89	0,77/0,91	1,8/1,7	5/5,5	1,8/1,9	222/157
5А225М8/4	23/34	735/1470	89/90,5	0,71/0,91	2/1,5	5,5/6,5	2,2/2,2	299/221
5АМ250S8/4	33/47	740/1480	80/90	0,76/0,9	1,8/1,6	5,4/6,3	2/2,2	459/303
5АМ250М8/4	37/55	740/1480	91/91	0,75/0,9	2/1,8	5,5/6,5	2/2,2	477/355
5АМ280М8/4	50/75	740/1480	92/93,5	0,75/0,9	2/2	5,5/6,6	2,2/2,5	645/580
5А200М8/6	15/18,5	735/975	89,5/90	0,72/0,84	2,2/2	5,5/6	2,2/2	195/185
5А200L8/6	18,5/23	735/980	89,5/90	0,72/0,84	2,2/2	5,5/6	2,3/2,1	240/224
5А225М8/6	22/30	735/980	91/91,5	0,71/0,85	2,4/2	6/6	2,5/2,1	286/292
5АМ250S8/6	30/37	735/985	91,5/90,5	0,72/0,84	2,3/2	6/6,5	2,3/2,1	390/358
5АМ250М8/6	45/55	735/985	92/92	0,76/0,85	1,6/1,8	5,3/6,2	1,7/2	584/533

Таблица 10.17

Электродвигатели асинхронные трехфазные серии 5А250 (ОАО Завод «Электромашина», г. Улан-Удэ)

Электродвигатели асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором типов 5А200, 5А225, 5А250, 5А280 предназначены для комплектации электроприводов станков, насосов, компрессоров, вентиляторов, мельниц, кормоизмельчителей, транспортных механизмов и т.д. и используются в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Двигатели работают от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220; 380; 660 В.

Номинальный режим работы продолжительный (S1).

Степень защиты двигателей IP54.

Типоисполнение	$P_{ном}$, кВт	n, мин$^{-1}$	Коэффициент мощности cosφ	КПД, %	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Масса, кг
5А250S2, У2,У3,Т3	75	3000	0,91	91,6	2,7	1,9	7	495
5А250М2,У2,У3, Т3	90	3000	0,92	91,6	2,7	1,8	7	535
5А250S4,У2, У3, Т3	75	1500	0,83	93,7	2,5	2,5	7	500
5А250М4,У2,У3, Т3	90	1500	0,85	94	2,5	2,5	7	545
5А250S6,У2, У3, Т3	45	1000	0,83	92,5	2,2	2	6,5	450
5А250М6,У2,У3, Т3	55	1000	0,86	92,5	2	2	6	480
5А250S8,У2, У3, Т3	37	750	0,75	92	2,2	1,6	6	450
5А250М8,У2,У3, Т3	45	750	0,76	92,5	2,2	1,6	6	490

Таблица 10.18

Электродвигатели асинхронные типов 5А90, 5А200, 5А225, 5А250, 5А280 и 6А160, 6А315 (ОАО «ВЭЗ»)

Электродвигатели асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором предназначены для привода различных механизмов с продолжительным режимом работы.

Двигатели предназначены для работы от сети трехфазного напряжения 380/660 В с частотой тока 50 Гц.

Номинальный режим работы продолжительный (S1).

Степень защиты двигателей от воздействия окружающей среды IP54.

Средний ресурс до капитального ремонта не менее 20000 ч, средняя наработка на отказ не менее 23000 ч, установленная безотказная наработка 10000 ч.

Типоисполнение	Мощность, кВт	Номинальная частота вращения, $мин^{-1}$	КПД, %	Коэффициент мощности $\cos\varphi$	Номинальный ток при 380 В, А	$M_{ном}$, Н·м	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
5А90S2К	1,5	2820	81	0,85	3,3	5,1	2,5	6,5	2,6
5А90L2К	2,2	2830	81	0,85	4,8	7,4	2,5	6,5	2,6
6А160L2	18,5	2930	90,5	0,89	34,8	60	2,8	7,5	3,4
5А200LB2К	37	2940	93	0,9	67	120	2,4	7,2	3,2
5А225М2К	45	2940	93	0,91	80,6	146	2,5	7,2	3,2
5А250М2К	55	2945	93,5	0,91	98	178	2,3	7,5	3,3
5А280S2К	75	2955	93,2	0,91	134	242	2	7,5	2,9
5А280М2К	90	2955	93,1	0,91	161	291	1,7	6,9	2,9
6А315S2	110	2960	94,1	0,92	193	355	2,1	7,2	3,4
6А315М2	132	2960	94,5	0,92	230	426	2,3	7,5	3,4
6А315LA2	160	2970	94,5	0,92	279	514	1,8	7,2	2,8
6А315LB2	200	2975	95	0,94	339	642	1,8	7,2	2,8
5А90S4К	1,1	1400	74	0,8	2,8	7,5	2	4,8	2,4
5А90L4К	1,5	1405	76	0,81	3,7	10	2	5	2,4
6А160L4	15	1450	89,5	0,86	29,5	99	2,3	6,1	2,6
5А225S4К	37	1465	92,2	0,85	71,5	241	2,6	6,7	2,6
5А225М4К	45	1465	92,5	0,85	86,7	293	2,5	6,9	2,5
5А250М4К	55	1470	93,3	0,85	105	357	2,4	6,8	2,4
5А280S4К	75	1480	94	0,86	141	484	2,1	7,2	2,3
5А280М4К	90	1485	94,3	0,88	164	578	2,3	7,2	2,3
6А315S4	110	1485	95,4	0,88	199	707	2,3	6,8	2,8
6А315М4	132	1485	95,9	0,89	234	848	2,4	7	2,8
6А315LA4	160	1485	96	0,88	287	1028	1,9	6,8	2,2
6А315LB4	200	1485	96	0,9	351	1285	1,9	6,8	2

Окончание таблицы 10.18

Типоисполнение	Мощность, кВт	Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Номинальный ток при 380 В, А	$M_{ном}$, Н·м	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$
5A90S6K	0,75	930	71	0,69	2,3	7,7	2	4,5	2,4
5A90L6K	1,1	930	72	0,7	3,3	11,5	2	4,5	2,4
6A160L6	11	970	88,5	0,84	22,5	108	2	6,5	2,8
5A2D0LB6K	22	975	90	0,84	44,1	215	2,2	6	2,3
5A225M6K	30	975	90	0,84	60,1	294	2,1	6	2,4
5A250M6K	37	980	91	0,84	73,3	360	2,3	6,3	2,5
5A280S6K	45	980	92,5	0,83	89	438	2,2	6,5	2,3
5A280M6K	55	980	92,5	0,85	106	536	2,2	6,1	2,3
6A315S6	75	985	94,7	0,85	141	727	2,2	6,3	2,4
6A315M6	90	985	94,7	0,84	171	872	2	6,3	2,2
6A315LA6	110	985	95	0,9	195	1066	1,6	6,7	2,4
6A315LB6	132	985	95,2	0,91	231	1279	1,7	7	2,4
5A90S8K	0,37	700	59	0,62	1,5	5	2,2	3,3	2,2
5A90L8K	0,55	700	60	0,62	2,2	7,5	2,2	3,8	2,4
5A225S8K	18,5	735	90	0,77	40,5	240	2,1	6,8	2,8
5A225M8K	22	735	90,5	0,8	50,7	286	2,1	6,6	2,8
5A250M8K	30	730	90,5	0,77	65,5	392	2,1	5,7	2,3
5A280S8K	37	735	92	0,72	85	480	1,9	6,7	2,7
5A280M8K	45	735	92,5	0,75	98	584	1,9	6,7	2,7
6A315S8	55	735	94,5	0,83	106	714	2,1	6,2	2,3
6A315M8	75	735	94,5	0,83	145	974	2,1	6	2,3
6A315LA8	90	740	94,5	0,85	170	1161	1,5	6	2,1
6A315LB8	110	740	94,5	0,86	205	1419	1,5	6	2,1

Таблица 10.19

Трехфазные асинхронные двигатели с КЗ ротором серии АС (ОАО «Eldin»)

Электродвигатели асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором типов 5А90, 5А200, 5А225, 5А250, 5А280 и 6А160, 6А315 предназначены для применения в различных отраслях промышленности и в сельском хозяйстве для привода станков, насосов, компрессоров и т.д.

Двигатели предназначены для работы от сети переменного тока напряжением 220/380, 380/660, 400/690 В частотой 50 Гц и 230/400, 220/440, 230/460 В частотой 60 Гц.

Двигатели могут длительно эксплуатироваться при отклонениях напряжения ±5% или отклонениях частоты ±2 % и одновременных отклонениях напряжения и частоты.

Двигатели могут стабильно работать при отклонении напряжения ±10% или отклонении частоты от +3 до –5% и одновременных отклонениях напряжения и частоты. Степень защиты — IP54. Класс нагревостойкости изоляции — F.

Типоисполнение	Высота оси вращения, мм	Мощность в режиме S3 ПВ = 40%, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$	КПД, %	Коэффициент мощности	Ток при 380 В, А	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	Масса (IMB3), кг
АС90L2	90	3,5	2895	80	0,88	7,5	6	2,7	2,7	17
АС80А4	80	1,3	1383	75	0,83	3,2	4,5	2,1	2,3	14
АС80В4	80	1,8	1395	76	0,83	4,3	4,5	2	2,3	16
АС90L4	90	2,4	1365	75	0,83	5,9	4	2,2	2,3	16
АС100S4	100	3,2	1395	78	0,8	7,6	5,5	2,7	2,8	21
АС112М4	112	6	1388	81	0,82	14	5	2,5	2,6	38
АС132S4	132	8,5	1388	83	0,85	18	6	2,8	2,9	52/73
АС132М4	132	11,8	1395	85	0,85	25	6	2,8	2,9	61/83
АС180М4	180	26,5	1430	90	0,87	51	7,5	3	4	190
АС200L4	200	40	1425	90	0,89	75	7	2,5	3,5	260
АС80В6	80	1,3	915	73	0,73	3,7	4	2	2,2	16
АС90L6	90	1,7	910	71	0,72	5,1	4	2,4	2,7	18
АС100L6	100	2,6	925	76	0,72	7,1	4	2	2,2	33,5

Асинхронные двигатели серии АС с короткозамкнутым ротором трехфазные с повышенным скольжением предназначены для привода механизмов, характеризующихся наличием относительно больших инерционных масс и неравномерным характером нагрузки, а также для приводов с большой частотой пусков и реверсов, в том числе для привода подъемно-транспортного, металлургического и кузнечно-прессового оборудования. Изготавливаются для внутригосударственных и экспортных поставок.

Двигатели работают от сети переменного тока напряжением 220/380 В, 230/400 В, 240/415 В, 380/660 В, 400/690 В, 415/720 В, 380 В, 660 В, частотой 50 Гц, 460 В частотой 60 Гц. Двигатели могут работать без изменения номинальной мощности при колебаниях напряжения сети до ±5 % от номинального значения.

По требованию заказчика двигатели изготавливаются для работы при колебаниях напряжения сети до ±10%. При этом предельная температура обмотки может быть увеличена до 10°С.

10.3. Синхронные электродвигатели

В системах промышленного электроснабжения наиболее целесообразна установка крупных синхронных двигателей (СД) напряжением выше 1 кВ. Они применяются в тех случаях, когда необходимо иметь строго постоянную частоту вращения или нужен мощный двигатель с малой частотой вращения.

Имея такие эксплуатационные качества, как высокая перегрузочная способность, большие, чем у АД, КПД и повышенная устойчивость при снижении напряжения, СД успешно используются в мощных установках продолжительного режима (например, для привода насосов в системах водоснабжения и канализации). Когда СД по своей мощности могут обеспечить регулирование напряжения или режима реактивной мощности в узле нагрузки, они должны иметь автоматическое регулирование возбуждения.

Следует отметить, что у СД с тиристорным возбуждением быстро можно погасить поле ротора, что облегчает использование их в схемах электроснабжения с АВР, а также для быстрой ресинхронизации, которую осуществляют по необходимости при выпадении СД из синхронизма. Наиболее распространен прямой пуск СД с невозбужденным ротором. СД имеют более высокую производительность рабочего агрегата, чем АД, поскольку скорость СД не зависит от нагрузки в нормальных режимах работы.

Основные технические данные СД напряжением выше 1 кВ приведены ниже.

Обозначение СД: С — синхронный; Д — двигатель; Н — нормальный; З — закрытый; Т — трехфазный; УХЛЗ — климатическое исполнение и категория размещения. У всех двигателей серии СДН $\cos\varphi_{ном} = 0{,}9$. Возбуждение, управление пуском и остановом электродвигателей серии СДН осуществляются от тиристорных возбудителей.

Таблица 10.20

Синхронные электродвигатели типа СДН напряжением выше 1 кВ

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$I_{пуск}/I_{ном}$	$M_{пуск}/M_{ном}$	$M_{макс}/M_{ном}$	$M_{s-0,05}/M_{ном}$	
СДН14-49-6У3 СДН314-49-6У3	800	10	1000	2,2	7,5	1,5	1,2	94
СДН14-59-6У3 СДН314-59-6У3	1000			2,1		1,8	1,36	95
СДН15-39-6У3 СДН315-39-6У3	1250			2	7	0,7	1,2	94,5
СДН15-49-6У3 СДН315-49-6У3	1600							95,2
СДН15-64-6У3 СДН315-64-6У3	2000					0,8	1,3	95,8
СДН15-76-6У3 СДН315-76-6У3	2500						1,2	96
СДН14-41-8У3 СДН314-41-8У3	630	6	750	2,3		1,2	1,2	94,6
СДН14-46-8У3 СДН314-46-8У3	800			2,2		0,8	1,4	
СДН14-59-8У3 СДН314-59-8У3	1000			2,6		1,3	1,3	94,8
СДН15-39-8У3 СДН315-39-8У3	1250			2		0,6	1,0	
СДН15-49-8У3 СДН315-49-8У3	1600					0,7	1,1	95,6
СДН15-64-8У3 СДН315-64-8У3	2000			2,2		0,8	1,4	96
СДН14-59-8У3 СДН314-59-8У3	630	10		2,4	7,6	1,5	1,5	94
СДН15-59-8У3 СДН315-59-8У3	800					1,3	1,3	
СДН15-64-8У3 СДН315-64-8У3	1600			2,6	7,2	1,2	1,4	95
СДН16-64-8У3 СДН316-64-8У3	2000			2,1	7	1,3	1,5	94,8
СДН 14-44-10У3 СДН314-44-10У3	630	6	600	2	6	1	1	93,5
СДН14-56-10У3 СДН314-56-10У3	800						1,2	94
СДН15-39-10У3 СДН315-39-10У3	1000				6,5	0,8	1,4	94,6

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$	
СДН15-49-10У3 СДН315-49-10У3	1250	6	600	2,2	6,5	1	1,2	95
СДН 15-64- 10У3 СДН315-64-10У3	1600			2			1,3	95,7
СДН16-54-10У3 СДН316-54-10У3	2000			1,7	7	1,2	1,1	95,7
СДН15-49-10У3 СДН315-49-10У3	1000	10		2,5	7,1		1,5	94
СДН15-64-10У3 СДН315-64-10У3	1250			2,2	6,6	0,9		94,7
СДН16-54-10У3 СДН316-54-10У3	1600				6,0	1	1,3	94,6
СДН14-36-12У3 СДН314-36-12У3	400	6	500		5,7	0,6	1,4	92,4
СДН14-44-12У3 СДН314-44-12У3	500			2	5,3	0,7		93,2
СДН15-34-12У3 СДН315-34-12У3	630			2,3	5,6	1	1,1	93,6
СДН15-39-12У3 СДН315-39-12У3	800			2	4,9	0,7		94
СДН15-49-12У3 СДН315-49-12У3	1000				5	0,9	1	94,6
СДН16-41-12У3 СДН316-41-12У3	1250			2,2	6	0,8	1,4	
СДН16-51-12У3 СДН316-51-12У3	1600			2	6	0,9	1,4	95,1
СДН15-49-12У3 СДН315-49-12У3	800	10		2,2		0,85	1,45	93,2
СДН16-51-12У3 СДН316-51-12У3	1250			2	7,5	1	1,5	93,8
СДН15-2Ы6У3 СДН315-21-16У3	315	6	375		4,6	0,6	0,9	90
СДН15-26-16У3 СДН315-26-16У3	400					0,7	1,1	
СДН15-34-16У3 СДН315-34-16У3	500			2,1	5	0,7	1,2	92
СДН15-41-16У3 СДН315-41-16У3	630			2,2				
СДН16-41-16У3 СДН316-41-16У3	1000				6,0	0,9	1,4	94
СДН16-41-16У3 СДН316-41-16У3	630	10		2,9	7,3		1,7	92,4
СДН15-29-20У3 СДН315-29-20У3	315	6	300	2	3,6	0,6	0,7	90,2
СДН15-36-20У3 СДН315-36-20У3	400				3,5			90,5
СДН315-36-20У3	400				3,5	0,6	0,7	90,5
СДН-2-16-36-6У3	1000		1000	1,8	5,7	0,85	1,5	95,5
СДН-2-16-49-6У3	1250			1,9	6,6	1,1	1,8	95,9

Окончание таблицы 10.20

Тип	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	$n_{ном}$, об/мин	Пусковые характеристики				η, %
				$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$	
СДН-2-16-59-6У3	1600		1000	1,8	6,6	1,1	1,7	96,2
СДН-2-16-74-6У3	2000				7	1,2		96,6
СДН-2-17-56-6У3	2500			1,9	6,8	1,3	1,5	96,7
СДН-2-17-71-6У3	3150			1,7	6,6		1,4	96,9
СДН-2-17-89-6У3	4000				7	1,4		97,1
СДН-2-16-36-8У3	800		750	1,9	5,5	0,9	1,5	94,9
СДН-2-16-46-8У3	1000			1,8	5,8	1		95,4
СДН-2-16-59-8У3	1250			1,7				95,7
СДН-2-17-44-8У3	1600			1,8	5,9	1,1	1,4	95,9
СДН-2-17-56-8У3	2000			1,9	6,6	1,3	1,5	96,2
СДН-2-17-71-8У3	2500				6,9	1,4		96,5
СДН-2-16-36-10У3	630		600	1,8	5,0	0,75	1,4	94,6
СДН-2-16-44-10У3	800						1,3	95,1
СДН-2-16-56-10У3	1000			1,9	5,4	0,8	1,4	95,3
СДН-2-17-44-10У3	1250					1,1	1,2	95,5
СДН-2-17-51-10У3	1600	6		1,8	5,2	1		95,9
СДН-2-17-64-10У3	2000			1,7	5,0		1,0	96,1
СДН-2-16-36-12У3	500		500	1,9	5,2		1,3	93,7
СДН-2-16-44-12У3	630				5,1			94,2
СДН-2-17-31-12У3	800				4,7		1,1	94,3
СДН-2-17-39-12У3	1000			1,8	4,5		1	94,9
СДН-2-17-49-12У3	1250			1,9	5,2	1,1	1,2	95,3
СДН-2-17-19-16У3	315		375	2,1	4,6	0,9	1,1	91,1
СДН-2-17-21-16У3	400				4,4	0,85		91,4
СДН-2-17-26-16У3	500				4,6	0,9		92,5
СДН-2-17-31-16У3	630			2	4,5	0,85		93,2
СДН-2-17-41-16У3	800			1,8	4,2	0,75	1	94,1
СДН-2-17-26-20У3	315		300	2,6	4,5	0,90		91
СДН-2-17-31-20У3	400			2,7		0,75		91,7
СДН-2-17-41-20У3	500			2,5	4,6		1,1	92,8

Таблица 10.21

Синхронные электродвигатели типа СТД напряжением выше 1 кВ

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, кВ·А	$U_{ном}$, кВ	η, %	Пусковые характеристики			
					$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{s-0,05}}{M_{ном}}$
СТД-630-23УХЛ4	630	735	6,10	95,8	5,66	2,03	2,08	0,97
СТД-800-23УХЛ4	800	935		96	5,58	2,01	2,07	
СТД-1000-23УХЛ4	1000	1160		96,3	6,7	2,41	2,49	1,2
СТД-1000-23У5								
СТД-1250-23УХЛ4	1250	1450		96,8	6,48	2,07	2,24	1,27
СТД-1600-23УХЛ4	1600	1850		96,9	6,79	2,16	2,37	1,37
СТД-1600-23У5								

Окончание таблицы 10.21

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, кВ·А	$U_{ном}$, кВ	η, %	Пусковые характеристики $I_{пуск}/I_{ном}$	$M_{пуск}/M_{ном}$	$M_{макс}/M_{ном}$	$M_{s-0,05}/M_{ном}$
СТД-2000-23УХЛ4	2000	2300	6,91	97,2	6,91	2,22	2,45	1,4
СТД-2500-23УХЛ4	2500	2870			6,16	1,75	2,11	1,34
СТД-3150-23УХЛ4	3150	3680		97,3	6,63	1,85	2,32	1,49
СТД-4000-23УХЛ4	4000	4580		97,5	6,69	1,92	2,38	1,5
СТД-5000-23УХЛ4	5000	5740		97,6	7,72	2,07	2,62	1,64
СТД-630-2РУХЛ4	630	735		95,8	5,66	2,03	2,08	0,97
СТД-800-2РУХЛ4	800	935		96	5,58	2,01	2,07	
СТД-1000-2РУХЛ4	1000	1160		96,3	6,7	2,41	2,49	1,2
СТД-1250-2РУХЛ4	1250	1450		96,8	6,48	2,07	2,24	1,27
СТД-1600-2РУХЛ4	1600	1850		96,9	6,79	2,16	2,37	1,37
СТД-2000-2РУХЛ4	2000	2300			6,91	2,22	2,45	1,4
СТД-2500-2РУХЛ4	2500	2870		97,2	6,16	1,75	2,11	1,34
СТД-3150-2РУХЛ4	3150	3680		97,3	6,63	1,85	2,32	1,49
СТД-4000-2РУХЛ4	4000	4580		97,5	6,69	1,92	2,38	1,5
СТД-4000-2ГРУХЛ4		4540						
СТД-5000-2РУХЛ4	5000	5740		97,6	7,72	2,07	2,62	1,64
СТД-6300-23УХЛ4	6300	7200			6,28	1,62	2,05	1,65
СТД-8000-23УХЛ4	8000	9100		97,9	6,93	1,76	2,29	1,83
СТД-10000-23УХЛ4	10000	11400		97,8	8,1	2,06	2,75	2,14
СТД-12500-23УХЛ4	12500	14200		97,9	8,86	2,24	3,04	2,35

Таблица 10.22

Трехфазные синхронные электродвигатели

$n_{ном}$, об/мин	Наименьшее значение $P_{ном}$, кВт, при $U_{ном}$, кВ 0,38	0,66	6	10
3000	—	—	630	630
1500	132 (500)*	160 (500)*	250	
1000	110 (400)	160 (400)		500
750	75 (400)			
600	90 (400)			
500	132 (400)			
375	—	—	315	
300				
250				630
187,5				
166,6				
150			630	
125			1250	1250
100			1000	1000

*В скобках приведены наибольшие значения $P_{ном}$

Таблица 10.23

Электродвигатели синхронные вертикальные для привода гидравлических насосов (ОАО «Уралэлектротяжмаш», г. Екатеринбург)

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
ВДС2-325/49-16УХЛ4	5000	375	10000	47,2	IP43
ВДС2-325/69-16УХЛ4	8000			58,3	
ВДС2-325/49-18УХЛ4	5000	333		51	
ВДС2-375/64-20УХЛ4	6300	300		60	
4СДВ-2150К-20(10)				54,8	
СДВ-1700К-24	3550	250		44,5	
4СДВ-2150К-24(10)	5600			57,0	
5СДВ-2150К-24(10)				54,7	
ВДС-375/89-24УХЛ4	10000			100,3	
ВДС-375/105-24УХЛ4	12500			117,4	
ВДС-375/125-28УХЛ4		214,3		123,6	
ВДС-375/89-32УХЛ4	8000	187,5		104,2	
ВДС2-325/44-16УХЛ4	5000	375	6000	46,4	
ВДС2-325/44-18УХЛ4	5000	333		47,4	
ВДС2-325/44-20УХЛ4	4000	300		47,3	
4СДВ-2150К-20(6)	6300			54,8	
ВДС2-325/59-24УХЛ4	5000	250		51,4	
4СДВ-2150К-24(6)	5600			57,0	
СДВ3-143/51-8УХЛ4	1600	750	10000	11,3	
СДВ3-143/51-10УХЛ4	1250	600		11,0	
СДВ3-173/49-10УХЛ4	2000			16,3	
СДВ3-215/49-10УХЛ4	3150			24,1	
СДВ3-143/51-12УХЛ4	1000	500		9,9	
СДВ3-173/49-12УХЛ4	1600			14,5	IP23
СДВ2-143/34-8УХЛ4	1250	750	6000	8,7	
СДВ2-143/41-8УХЛ4	1600			9,3	
СДВ2-143/34-10УХЛ4	1000	600		8,8	
СДВ2-143/51-10УХЛ4	1600			10,5	
СДВ2-215/41-10УХЛ4	3150			21,7	
СДВ2-143/41-12УХЛ4	1000	500		8,6	
СДВ2-143/51-12УХЛ4	1250			9,4	
СДВ2-173/39-12УХЛ4	1600			12,9	
СДВ2-173/46-12УХЛ4	2000			13,8	
СДВ2-215/49-12УХЛ4	3150			22,8	
СДВ2-173/46-16УХЛ4	1600	375	11000	13,3	
СДВ2-215/49-16УХЛ4	2500			20,6	
СДВ3-173/39-12Т	1000	500		13,35	
СДВ3-173/49-10Т	1600	600		16,23	

Таблица 10.24

Электродвигатели синхронные горизонтальные для привода мельниц, насосов и других механизмов (ОАО «Уралэлектротяжмаш», г. Екатеринбург)

Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В	Масса, т	Степень защиты
СДМ4-215/26-24	630	250	6000	9,75	IP21
СДМ4-215/26-32	400	187,5		9,95	
4СДМ-1500М-32	1250			17,2	
4СДМП-1500М-32				17,6	IP43
4СДМ-1500К-36	900	166,6		16,2	IP21
4СДМП-1500К-36				16,3	IP43
4СДМ-1500L-36	1000			17,0	
4СДМ-1500S-36	1120			17,8	IP21
4СДМП-1500L-36Т	1250	200		17,5	IP43
4СДЭУМ-15/39-6	1250	1000		9,4	IP21
ДСП-143/84-4УХЛ4	2500	1500	10000	15,6	
ДСП-118/44-4УХЛ4	1250		6000	7,0	
ДСП-140/74-4УХЛ4	2000			12,8	
ДСПУ-140/84-4УХЛ4	2500			15,6	IP43
ДСП-140/74-4УХЛ4	3150			12,8	
ДСП-170/74-4УХЛ4	5000			21	
ДСП-170/74-4Т4	4000				
ДСЗ-170/74-4УХЛ4*	5000	1500		20,6	
ДСЗ-170/80-4УХЛ4*	6300			22,5	
ДСП-173/64-8УХЛ4	2000	750	10000	16,84	
*Двигатели изготавливают во взрывозащищенном исполнении					

Таблица 10.25

Синхронные явнополюсные взрывозащищенные компрессорные электродвигатели серий СДКП и БСД КПМ

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Произ-води-тель
БСДКПМ15-21-12У3	200	380	500	1860	IP54	СЭЗ
СДКП2-18-26-16УХЛ4	800			3000		
СДКП2-18-34-16УХЛ4	1000			9200		
СДКП2-18-41-16ФУХЛ4	1250	6000		11800		
СДКП 2-18-51-16ФУХЛ4	1600		375	14100		
СДКП 2-19-39-16УХЛ4	2000			15340	IP44	ЛЭЗ
СДКП2-19-51-16УХЛ4		10000		17950		
СДКП 2-19-61-16УХЛ4	3150			20500		
СДКП 2-20-39-20УХЛ4	2500	6000	300	18500		
СДКП2-20-49-16ФУХЛ4	4000		375	22500		

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Произ-води-тель
СДКП 2-20-56-16ФУХЛ4	4000	10000	375	24000	IP44	ЛЭЗ
СДКП2-20-61-16ФУХЛ4	5000	6000		25900		
СДКП 2-21-46-20ФУХЛ4			300	28900		
СДКП 2-21-56-24ФУХЛ4			250	34000		
СДКП 2-21-69-20ФУХЛ4	6300	10000	300	41000		

Таблица 10.26

Синхронные явнополюсные компрессорные электродвигатели серий СДКП и БСД КМ

Электродвигатели синхронные компрессорные серии СДКП, БСДКПМ предназначены для привода компрессоров во взрывоопасные зонах.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота враще-ния, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
БСДКМ15-21-12У3	200	380	500	1810	IP10	СЭЗ
СДК2-18-41-16УХЛ4	1250	6000	375	10400	IP20	ЛЭЗ
СДК17-59-16У4	2000	10000		15500		
СДК2-19-39-16УХЛ4		6000		12500		
СДК2-19-51-16УХЛ4		10000		17870		

Таблица 10.27

Синхронные явнополюсные электродвигатели серий СД2, СДЗ, СДМ, СДН, СДС

Предназначены для привода механизмов, не требующих изменения частоты вращения.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
СД2-74/25-6У3	250	380	1000	1635	IP23	СЭЗ
СД2-74/33-6У3	315			1860		
СД2-74/40-6У3	400			2100		
СД2-74/27-8У3	200		750	1650		
СД2-74/33-8У3	250			1860		
СД2-74/40-8У3	315			2060		
СД2-85/18-10У3	160		600	1700		
СД2-85/18-12У3	132		500	1740		
СД2-85/22-10У3	200		600	1860		
СД2-85/22-12У3	160		500	1950		

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
СД2-85/29-10У3	250	380	600	2160	IP23	СЭЗ
СД2-85/29-12У3	200		500	2140		
СД2-85/35-10У3	315		600	2360		
СД2-85/35-12У3	250		500	2340		
СД2-74/41-6У3	315	6000	1000	2105	IP21	
СД2-74/47-6У3	400			2260		
СД2-74/49-8У3	315		750	2330		
СД2-85/35-4У3	630		1500	2355		
СД2-85/37-6У3	500		1000	2440		
СД2-85/40-10У3	315		600	2510		
СД2-85/40-8У3	400		750	2525		
СД2-85/43-4У3	800		1500	2665		
СД2-85/45-6У3	630		1000	2620		
СД2-85/47-10У3	400		600	2765		
СД2-85/47-8У3	500		750	2850		
СД2-85/55-4У3	1000		1500	3110		
СД2-85/57-10У3	500		600	3125		
СД2-85/57-6У3	800		1000	3145		
СД2-85/57-8У3	630		750	3230		
СДН-15-49-6У1	2000		1000	9750	IP00	ЛЭЗ
СДН-15-64-6У1	2500			11100		
СДН2-18-64-12УХЛ4	2500		500	17000	IP21	
СДС19-46-40УХЛ4	2000		150	23170		
СДС19-56-40УХЛ4	2500			25200		
СДС19-56-48УХЛ4	1600		125	27300		
СДС 20-49-60	2000		100	48000	IP00	
СДС-1050-150	756		150	19300		
СДС3 19-54-241	4000		250	40300	IP44	
СДС3 3150-60-300УХЛ4	3150		300	32100		
СДС3 1600-10-500УХЛ4	1600	10000	500	21500		
СДС317-39-20УХЛ4	1250	6000	300	13350		
СДС3 17-41-12УХЛ4	1600	10000	500	21000		
СДС317-41-16УХЛ4		6000	375	16500		
СДС3 17-46-20УХЛ4			300	12600		
СДС3 17-49-16УХЛ4		10000	375	18935		
СДС3 17-64-6МУХЛ4	4000	6000	1000	28800		
СДС317-64-6Т4		10000				
СДС3 17-64-6УХЛ4						
СДС3 17-76-12УХЛ4	3230		500	37800		
СДС3 17-94-6тр	3330		1000	41750		
СДС318-61-24УХЛ4	2500	6000	250	23500		

<table>
<tr><th>Тип (серия)</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$U_{ном}$, кВ</th><th>Частота вращения, об/мин</th><th>Масса, кг</th><th>IP</th><th>Произво-дитель</th></tr>
<tr><td>СДСЗ 2000-6-100УХЛ4</td><td rowspan="2">2000</td><td>6000</td><td rowspan="2">100</td><td>49000</td><td rowspan="4">IP44</td><td rowspan="5">ЛЭЗ</td></tr>
<tr><td>СДСЗ 20-49-60УХЛ4</td><td rowspan="2">1000</td><td>46500</td></tr>
<tr><td>СДСЗ 2-19-69-12УХЛ4</td><td>3150</td><td>500</td><td>31000</td></tr>
<tr><td>СДСП-17-41-16</td><td>1600</td><td rowspan="2">6000</td><td rowspan="2">375</td><td>15600</td></tr>
<tr><td>СДУМ18-61-16УХЛ4</td><td>4000</td><td>29730</td><td>IP21</td></tr>
</table>

Таблица 10.28

Синхронные явнополюсные электродвигатели серий СДНЗ и СДМ

Предназначены для привода дисковых мельниц и других механизмов в целлюлозобумажной промышленности

<table>
<tr><th>Тип (серия)</th><th>$P_{ном}$, кВт</th><th>$U_{ном}$, кВ</th><th>Частота вращения, об/мин</th><th>Масса, кг</th><th>IP</th><th>Произво-дитель</th></tr>
<tr><td>СДНЗ 14-59-8</td><td>630</td><td>6000</td><td>750</td><td>8000</td><td rowspan="16">IP44</td><td rowspan="21">ЛЭЗ</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 2-19-104-10УХЛ4</td><td>8000</td><td>10000</td><td>600</td><td>41000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 2-19-49-24УХЛ4</td><td rowspan="5">1600</td><td>6000</td><td>250</td><td>19000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 1600-10-300УХЛ4</td><td>10000</td><td rowspan="2">300</td><td>31500</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 1600-6-300УХЛ4</td><td rowspan="2">6000</td><td>31700</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 16-51-12УХЛ4</td><td>500</td><td>15000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 16-54-10УХЛ4</td><td>10000</td><td>600</td><td>16900</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 17-31-24УХЛ4</td><td>630</td><td rowspan="3">6000</td><td>250</td><td>10700</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 17-49-12УХЛ4</td><td>2500</td><td>500</td><td>22000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 17-59-12УХЛ4</td><td>3200</td><td></td><td>22400</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 17-59-8УХЛ4</td><td rowspan="2">4000</td><td>10000</td><td>750</td><td>28700</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 18-61-16УХЛ4</td><td rowspan="4">6000</td><td rowspan="2">375</td><td>37000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 18-94-16УХЛ4</td><td>6300</td><td>50300</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 2-18-34-24УХЛ4</td><td>500</td><td>250</td><td>8900</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 2-20-49-20УХЛ4</td><td>3150</td><td>300</td><td>22000</td></tr>
<tr><td>СДНЗ 2500-10-1000УЗ</td><td>2500</td><td>10000</td><td rowspan="3">1000</td><td>13600</td></tr>
<tr><td>СД 800-6У2</td><td>800</td><td rowspan="5">6000</td><td>4500</td><td>IP22</td></tr>
<tr><td>СДМ 15-49-6</td><td>1600</td><td>9400</td><td rowspan="4">IP21</td></tr>
<tr><td>СДМ-260/36-36М1УХЛ4</td><td>1000</td><td rowspan="2">166,6</td><td>15700</td></tr>
<tr><td>СДМ-260/36-36УХЛ4</td><td>1000</td><td>14700</td></tr>
<tr><td>СДМ-260-44-32УХЛ4</td><td>1250</td><td>187,5</td><td>15700</td></tr>
</table>

Таблица 10.29

Синхронные явнополюсные электродвигатели серии СДМЗ

Предназначены для привода рудоразмольных, углеразмольных и цементных мельниц.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
СДМЗ 2-21-67-40УХЛ4	3150	6000	150	38000	IP21	ЛЭЗ
СДМЗ 2-21-91-40УХЛ4	4000			57100	IP44	
СДМЗ 17-59-12УХЛ4	3150		500	25300		
СДМЗ-17-59-12МУХЛ4						
СДМЗ 2-21-61-40УХЛ4	2500	10000	150	37000		
СДМЗ 2-21-64-40УХЛ4	3200	6000		35800		
СДМЗ 2-22-34-60УХЛ4	1600		100	43100		
СДМЗ 2-22-36-40УХЛ4	2500	10000	150	48500		
СДМЗ 2-22-36-6ОУХЛ4	1600		100	43500		
СДМЗ 2-22-41-60УХЛ4	2000	6000		45500		
СДМЗ 2-22-56-60УХЛ4		10000		52000		
СДМЗ 2-24-59-80УХЛ4	4000	6000	75	168300		
СДМЗ-3150-10-500УХЛ4	3150	10000	500	32130		
СДМЗ-3150-6-500УХЛ4		6000		25300		

Таблица 10.30

Синхронные явнополюсные электродвигатели

Применяются для привода буровых установок, многомашинного агрегата питания экскаватора, вертикальных гидравлических насосов.

Тип (серия)	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, кВ	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	IP	Производитель
СДБМ 99/39-8УХЛ2	500	6000	750	4018	IP24	СЭЗ
СДБМ 99/46-8УХЛ2	630			4508		
ДСЭ-630-6У2 (ХЛ2, Т2)	—	630	6000	1000	—	
ДСЭ-750-6У2	—	750			—	
ДСВ-1000/10-12УХЛ4	1000	10000	500	10100	IP23	
ДСВ-800/10-12УХЛ4	800			9200		

11. Современные диагностические средства для электрооборудования

Современным универсальным средством диагностирования электрооборудования является инфракрасная термография, которая дает возможность: контролировать состояние электрооборудования без вывода его из работы; увеличить ресурс электрооборудования за счет выявления дефектов на ранней стадии их развития; уменьшить потери электроэнергии в контактных соединениях в результате своевременного ремонте контактов; сократить затраты на техническое обслуживание вследствие прогнозирования сроков и снижения объема ремонтных работ.

По полученным термограммам идентифицируют, например, такие дефекты, как неправильная или неэффективная работа систем охлаждения; локальные нагревы элементов конструкции; ухудшение изоляции высоковольтных вводов и др.

Известно, что при износе подшипников вырабатывается тепло, вследствие чего двигатель вибрирует, и нарушается его центровка. Измерение температуры подшипников позволяет определить точки перегрева и спланировать ремонт или замену до полного повреждения оборудования.

Для силовых трансформаторов завод-изготовитель, как правило, указывает максимальные рабочие температуры. По точкам перегрева, измеренным, например, бесконтактным инфракрасным термометром, можно судить о дефекте обмоток трансформаторов.

Возможность контролировать ситуацию по реальному параметру (температуре) позволяет снизить вероятность возникновения пожаров и взрывов. Для обеспечения безопасности контроля в опасных зонах разработаны специальные модели инфракрасных термометров в искробезопасном исполнении.

11.1. Инфракрасные тепловизионные камеры Therma CAM E25 *(Компания FLIR Systems)*

Тепловизионные камеры Therma CAM E25 представляют собой компактные, легкие в использовании, надежные инфракрасные (ИК) камеры; это самые маленькие полнофункциональные ИК-камеры в мире; они предназначены для повседневных проверок электрических и механических объектов, инспекции трубопроводов и изоляции, плановых обследований зданий и сооружений

На 2.5″- дисплее в инфракрасном спектре мгновенно отображаются «горячие точки», что позволяет своевременно обнаруживать проблемные места, связанные с перегрузками и перегревом оборудования, повреждением изоляции, плохими контактами и т.п.

В итоге, использование инфракрасных камер приводит к снижению издержек от аварий и простоев оборудования, а, следовательно, и к повышению рентабельности всего предприятия.

Технические характеристики камер

Спектральный диапазон, мкм	7,5…13
Масса (включая аккумулятор), г.	700
Диапазон рабочих температур,°С	15…45
Температурная чувствительность;°С при 30°С	0,20
Диапазон измеряемых температур,°С	–20…+250 (до +900 — опция)
Погрешность измерения	2°С или ±2% от показания;
Сохраняемость термоизображений.	память на 100 изображений
Габариты, мм	265×80×105
Наличие встроенного лазерного целеуказателя	есть
Время автономной работы	2 ч (АБ) или ~90…260 В
Пылевлагонепроницаемый корпус	IP54
Функция энергосбережения	автоматическое отключение или дежурный режим

11.2. Инфракрасные тепловизионные камеры Therma CAM E65 *(Компания FLIR Systems)*

Инфракрасные тепловизионные камеры Therma CAM E65 представляют собой мощные высокоточные портативные тепловизионные камеры, позволяющие профессионально обрабатывать снимки.

Температурная чувствительность камер, равная 0,10°С, позволяет увидеть малейшие изменения температуры и получить высококачественные снимки, которые невозможно получить на камере с меньшей чувствительностью. Захват изображений с частотой кадров 50 Гц, сменные объективы, расширенная память, три перемещаемых точки, настраиваемая звуковая сигнализация и цветовая сигнализация делают Therma CAM E65 выбором профессионалов.

Therma CAM E65 — это модификация камеры E25 с возможностью записи до 200 термографических изображений.

Достоинства камер:

- вибростойкая и ударопрочная конструкция камер;
- исключительно высокое качество изображения;

– возможность использования во всех погодных условиях (исполнение 1P54);
– запись изображений с частотой кадров 50 Гц;
– сохраняемость изображений в стандартном формате (более 200 изображений, галереи изображений);
– наличие встроенной таблицы коэффициентов излучения различных материалов;
– широкий спектр дополнительных принадлежностей и объективов;
– совместимость с программой Therma CAM Reporter;
– наличие звуковой сигнализации;
– сверхкомпактная конструкция камер;
– наличие неохлаждаемого детектора, не требующего обслуживания;
– автоматическое обнаружение горячей точки.

Технические характеристики камер

Диапазон измеряемых температур,°С	20…250 (опция до 900)
Спектральный диапазон, мкм	7,5…13
Погрешность измерения температур	±2°С, ±2% от показания;
Время автономной работы	2ч (АБ) или 90…260 В перем.тока;
Функция энергосбережения	автоматическое отключение или дежурный режим
Масса, г (вместе с батареей)	700
Диапазон рабочих температур,°С	–15…+45
Габариты, мм	265×80×105

Therma CAM E65 — это единственная камера, которая, реализуя практически все возможности ИК системы более высокого класса, имеет вполне доступную цену; камера помещается на ладони руки.

11.3. Портативные компьютерные термографы ИРТИС-2000 С *(ООО «ИРТИС»)*

Портативные компьютерные термографы ИРТИС-2000С представляют собой сканирующий инфракрасный прибор, предназначенный для отображения и измерения тепловых полей и являются новой моделью термографов ИРТИС.

Особенностью термографов ИРТИС-2000 С является подключение ИК- приемной камеры к компьютеру типа «наладонник» по сетевому протоколу с использованием внешнего модуля беспроводной связи WIFI .

Это повышает оперативность и надежность всей системы и позволяет непрерывно совершенствовать прибор (при появлении новых компьютерных разработок и программ).

ИРТИС- 2000 С может быть использован для:

- контроля состояния и функционирования электро- и теплотехнического оборудования (мощных трансформаторов, высоковольтных электрических сетей — цепей и контакторов);
- исследования тепловых потерь в зданиях и сооружениях;
- экологического мониторинга окружающей среды;
- диагностики оборудования топливно-энергетического и нефтегазо-добывающего комплексов, систем транспортировки электроэнергии, нефти, газа и их хранения;
- наблюдения функциональных процессов человеческого организма в медицинских учреждениях предприятий отрасли.

Технические характеристики термографов «ИРТИС — 2000 С»

Чувствительность к перепаду температур (на уровне 30°С),°С	0,05
Поле зрения камеры, град, не менее	25×20 (12×10)
Диапазон измерений:	
ИРТИС — 2000 СВ,°С	–40…+200(–60…+500)
ИРТИС — 2000 СН,°С	–40…1300(–60…+1700)
Погрешность измерения,°С (%)	±1(±1) от измеряемого диапазона
Время автономной работы, ч, не менее	5
Потребляемая мощность, Вт, не более	2 (6 В)
Масса ИК- камеры:	
ИРТИС — 2000 СВ, кг, не более	1,4
ИРТИС — 2000 СН, кг, не более	1,6
Габариты (не более):	
ИРТИС — 2000 СВ, мм	92×120×200
ИРТИС — 2000 СН, мм	100×140×210

11.4. Инфракрасные камеры TH7102MX/7102WX
(Фирма NEC, Япония)

Инфракрасные камеры TH7102MX/7102 WX представляют собой самые компактные модели, оснащенные усовершенствованными функциями анализа изображений и измерения температуры.

Технические характеристики инфракрасных камер TH7102MX/7102 WX

Спектральный диапазон, мкм	8…14
Диапазон измеряемых температур,°С	–40…+2000
Разрешающая способность при отображении температуры,°С	0,08
Точность измерений, %	±2
Частота кадров, Гц	60
Запоминание изображений с временным интервалом	1/15 с…60 мин
Масса прибора, кг	1,6

Камеры имеют широкий выбор сменной оптики, автофокус, автоуровень, авточувствительность, отображение температуры по всему

полю изображения, пыле- и брызгозащищенную конструкцию (IP54), ударопрочный и виброзащищенный корпус, размеры прибора соответствуют стандартной видеокамере.

Кроме того, японская фирма NEC создала первый в мире двухспек-тральный матричный тепловизор серии TH-7102 WB, который измеряет температуру сквозь пламя.

11.5. Тепловизоры Thermo View Ti30 *(фирма Raytek, США)*

Тепловизоры Thermo View Ti30 представляют собой многофункциональный легкий прибор со встроенным ЖК-дисплеем и интерфейсом USB. Самый дешевый среди тепловизоров.

Технические характеристики тепловизоров Thermo View Ti30

Диапазон измеряемых температур,°C	0...+250
Разрешение,°C	0,1
Погрешность,°C (%)	±2 (±2)
Спектральный диапазон, мкм	7,0–13,0
Чувствительный элемент, микроболометрическая матрица, пикселей	160×120
Поле зрения объектива, град,	17×12,8
Скорость сканирования, Гц	20
Целеуказатель	лазер
Объем памяти	100 термограмм
Коэффициент излучения	регулируемый
Масса (с аккумулятором), кг	1,0

Полнофункциональный радиометрический тепловизор типа Thermo View Ti30 является одним из наиболее мощных средств неразрушающего контроля, применение которого в работе обеспечивает: предотвращение простоев оборудования за счет исключения аварийных ситуаций, а также за счет быстрого и качественного выявления технических и функциональных проблем при обслуживании оборудования; оценку качества выполненных ремонтных и профилактических работ; выявление источников и оценку уровня энергетических потерь; проведение исследований температурных параметров технологических процессов и поиск путей их оптимизации; безопасное сопровождение опасных процессов; накопление документальных архивов радиометрических термограмм и сопутствующих данных о произведенных обследованиях.

Возможности применения тепловизоров почти безграничны: контроль состояния и работы сильноточной и слаботочной электрики, обычной и СВЧ-электроники, электромеханических и механических систем, антенно-фидерных устройств. Поиск источников тепловых потерь и анализ эффективности мер энергосбережения.

11.6. Пирометры (инфракрасные термометры) ST Pro Plus *(фирма Raytek, США)*

Пирометры ST Pro Plus измеряют более высокие температуры, маленькие объекты. Особенности: наличие сигнализации, регулируемый коэффициент излучения, более точное измерение температуры благодаря 8-точечному круговому лазерному прицелу; мгновенное измерение максимальной, минимальной и средней температуры и разницы температур, значения которых задаются пользователем. С помощью термометра ST80 IS возможен контроль температуры во взрывоопасных зонах.

Технические характеристики пирометров ST60 и ST80

	ST60	ST80/ST80-IS
Диапазон измеряемых температур,°С	–32…600	–37…760
Точность, %	±1	
Время измерений, с, не более	0,5	
Спектральный диапазон, мкм	8...14	
Диапазон рабочих температур,°С	0…50	
Относительная влажность, %	90	
Масса, г	320	
Габариты, мм	200×160×55	
Питание, В	9	
Время автономной работы, ч	20 (с лазером и подсветкой)	
Расстояние до объекта, м	5	8
Оптическое разрешение	30:1	50:1
Память	12 значений	

11.7. Пирометры низкотемпературные С-105, С-110 *(«Факел»)*, С-210 *(«Салют»)*, С-300 *(«Фаворит»)* *(ООО «ТЕХНО-АС»)*

Пирометры низкотемпературные С-105, С-110 («ФАКЕЛ»), С-210(«САЛЮТ»), С-300 («ФАВОРИТ») предназначены для бесконтактного измерения температуры поверхности различных объектов по их тепловому излучению. Особенности пирометров: узконаправленная оптика; высокая точность; ударопрочный корпус; фиксация максимума измеренного значения температуры; возможность выбора (лазерный целеуказатель, оптический беспараллаксный прицел); архивация 64 измеренных значений.

Области применения:
- электроэнергетика: диагностика контактных соединений, оценка теплового состояния электрических линий, трансформаторов, изоляторов, радиаторов; выявление участков перегрузки кабелей и элементов электропроводки, поиск мест их скрытого прохождения;
- теплоэнергетика и городское хозяйство: температурный контроль состояния теплотрасс, определение мест их прохождения и нарушения теплоизоляции, поиск мест утечек горячей воды; проверка качества теплоизоляции зданий, их освидетельствование; определение мест самовозгорания угля и торфа;
- отрасли промышленности: контроль температуры деталей при сварке, ковке, правке, прессовке.

Таблица 11.1

Технические характеристики пирометров серии С (низкотемпературные)

Параметры	С-105	С-110	С-210	С-300	С-300.3
Диапазон измеряемых температур,°С	–20...+600				
Показатель визирования	1:10	1:100			
Разрешающая способность,°С	1			0,1	1
Предел допустимой относительной погрешности, %	±1,5	±1,5 + (*)	±1,5 + (*)	±1,5(*)	±1,5
Спектральный диапазон, мкм	8...14				
Расстояние до объекта, м	0,5...30				
Напряжение питания, В	2,5	3			3/220
(*) единица младшего разряда					

Пирометры низкотемпературные С-300.3 («ФОТОН») с регистратором предназначены для бесконтактного измерения температуры, контроля и регистрации изменений температуры поверхности по площади и во времени; для компьютерной обработки результатов энергетических обследований; проведения энергоаудита зданий и сооружений, архивации данных пирометрических обследований в виде таблиц, графиков, диаграмм и т.д.

Пирометры позволяют получать непрерывную термограмму, распределенную вдоль оси измеряемого объекта.

Особенности пирометров: архивация результатов измерений по программируемым критериям; измерение максимальных и минимальных значений; контроль температуры окружающей среды; звуковая индикация выхода за установленные пороги; слип-таймер; привязка измерений к реальному времени.

11.8. Инфракрасные термометры Fluke 61 и 65 *(фирма Fluke)*

Инфракрасные термометры Fluke 61 и 65 представляют собой приборы для мгновенного бесконтактного измерения температуры. Настройка на объект осуществляется по лазерному лучу. Благодаря яркой подсветке экрана данные можно легко считывать даже в темноте. Модель Fluke 65 позволяет после замера температуры прокрутить на двойном большом дисплее максимальное (минимальное) значение, а также сохранить данные в памяти прибора.

Инфракрасные термометры Fluke являются идеальным средством для измерения температуры поверхностей вращающихся, труднодоступных, находящихся под током или опасно горячих объектов. Процесс измерения температуры занимает менее одной секунды. Прибор переходит в автоматический режим ожидания через 15 с работы, что увеличивает срок службы батарей.

Таблица 11.2

Технические характеристики термометров Fluke

Параметры	61	65
Диапазон измеряемых температур,°С	–18...+275	–40...+500
Время срабатывания, с, не более	1	
Разрешение,°С	0,2	0, 1 (до 200°С)
Точность,°С	±3	±5
Срок службы батареек, ч	12	15
Габариты, мм	184×45×38	185×64×38
Масса, кг	0,227	0,284
Гарантия, лет	1	

11.9. Переносные инфракрасные термометры «ПИТОН» *(фирма «Энергоаудит-2000»)*

Переносные инфракрасные термометры (пирометры) «ПИТОН» фирмы «Энергоаудит-2000» применяют для моментального измерения температуры поверхности в труднодоступных, опасных местах и в случаях, когда нельзя провести измерения обычными методами.

Отличительные особенности прибора: улучшенная сходимость результатов за счет применения новых технологий; защита от теплового удара и внешних воздействий с помощью специальной линзы; двойная лазерная система для более точного наведения.

Технические характеристики пирометров

	ПИТОН-200*	ПИТОН-600
Диапазон измеряемых температур,°C	–30…+200	–30…+600
		0…+800
		+100…+1100
Разрешающая способность,°C	1	
Погрешность измерения,°C	±0,5	
Минимальный размер пятна контроля, мм	12	
Показатель визирования	1:150	
Время измерения, с, не более	1	
Питание, В	2×1,5	
Диапазон рабочих температур,°C	–20...+50	

*У «ПИТОН-202»:
- диапазон измеряемых температур,°C: –30...+700;
- погрешность измерения,°C: ±1;
- показатель визирования: 1:100; время измерения 1 с;
- габариты, ∅ 40×170 мм;
- масса не более: 0,25 кг.

Область применения: температурный контроль в трубопроводах, в камерах тепловых сетей, теплопунктах; поиск мест утечек воды; проверка теплоизоляции зданий; оценка теплового состояния электрических линий, трансформаторов, изоляторов и т.д.

11.10. Рекомендации при проведении тепловизионного обследования электротехнического оборудования и установок

Современные ИК — камеры в нормальных условиях эксплуатации способны измерять температуру в диапазоне –40...+1200°C, что вполне достаточно для большинства обследуемых объектов.

Камеры могут автоматически находить самую высокую температуру в изображении; полученная термограмма сохраняется в памяти камеры.

Правильное температурное измерение зависит не только от возможностей ПО или самой камеры, но и от условий, в которых работает камера. Ошибка может появиться в том случае, если реальное место нагрева скрыто от оператора, т.е. недоступно. Другая причина неверного определения температуры на обследованном объекте из-за плохо выбранного фокуса съемки.

Для тепловизионного обследования электрических установок используется метод измерения со ссылкой, который основан на сравнении однотипных объектов. В соответствии с этим методом осуществляется систематический просмотр однотипных элементов параллельно для оценки

степени нагрева одного из них в сравнении с элементом, предположительно находящимся в нормальном состоянии. Реальный нагрев представляется тепловым пятном с явным спадом температуры за пределами пятна.

Чтобы правильно оценить, имеет ли исследуемый элемент перегрев, необходимо знать его рабочую температуру и температуру окружающей среды. Температуру перегрева определяют как разницу между температурой подозреваемого элемента и температурой аналогичного элемента, расположенного рядом, т.е. другой фазы или другого однотипного элемента с такой же электрической нагрузкой. Также важно сравнить те же самые точки на различных фазах.

В большинстве нормальных ситуаций однотипные компоненты всех фаз имеют одинаковую или почти одинаковую температуру Рабочая температура компонентов открытых площадок подстанций или линий электропередач обычно на 1 –2° С превышает наружную температуру воздуха. В помещениях подстанций рабочие температуры компонентов могут иметь пределы намного больше.

1. Определение температуры перегрева.

Температуры превышения, измеренные непосредственно на дефектных частях, обычно подразделяют на три категории в приложении к 100%-ной нагрузке:

- < 5°C — начинающийся перегрев (должен быть под контролем);
- (5 –30)°C — явный перегрев (необходимо принять меры при первой возможности, а также проанализировать возможные нагрузочные режимы);
- > 30°C — сильный перегрев (необходимо принять меры неотложно, но с учетом анализа нагрузочной ситуации).

2. Отчет о результатах тепловизионных измерений. Программа, используемая для создания отчетов, входит в комплект программного обеспечения. Она адаптирована к нескольким типам инфракрасных камер.
3. Тепловые аномалии в электрических установках.

- Отражение. Поскольку камера чувствительна к солнечным отражениям, называемым солнечными бликами, оператор камеры должен рассматривать и этот эффект. Важно не принять излучение солнечного отражения за излучение перегретого элемента установки.
- Солнечное нагревание. Поверхность компонента с высокой из-лучательной способностью, например, окрашенная сторона трансформатора, может в жаркий летний день быть нагретой солнцем до весьма значительных температур. Вихревые токи могут нагревать

металлические детали до значительных температур. В случае образования больших токов могут возникнуть даже пожары. Этот тип нагревания происходит в магнитном материале вдоль токового пути, например, металлические пластины основания изоляторов.

- Изменение нагрузки. Дефект может предполагаться в том случае, если температура элементов одной фазы значительно отличается от температуры элементов других двух фаз. Однако необходимо быть уверенным, что нагрузка на фазах действительно распределена равномерно. Это можно, в большинстве случаев, уточнить с помощью стационарных приборов или подсоединяемого амперметра (до 600 А).
- Изменение сопротивления. Перегрев элементов электрической установки может произойти по разным причинам, например, при слабом сжатии контактов.
- Если плохой контакт имеет небольшие размеры, то перегрев локализуется только в районе головки болта. Низкая излучательная способность болта создает впечатление, что он более холодный, чем изолированный провод. Изоляция провода имеет более высокую излучательную способность.
- Перегрев одного элемента в результате дефекта в другом элементе. Иногда температура превышения может регистрироваться и на исправном элементе. Причина может быть в различии сопротивлений двух параллельных проводников, по которым идет ток. В этом случае дефектный, с увеличенным сопротивлением, проводник несет меньшую нагрузку, а проводник без дефекта — повышенную нагрузку и может значительно перегреваться.

Во время тепловизионного обследования различных типов электрических установок такие факторы, как ветер, расстояние до объекта, дождь или снег, часто влияют на результат измерений.

Во время наружного осмотра охлаждающий эффект ветра должен быть принят во внимание. Температура превышения, измеренная при скорости ветра 5 м/с, будет приблизительно вдвое ниже, чем измеренная при скорости ветра 1 м/с. Важно знать, что выявленные перегретые элементы при сильном ветре будут значительно более перегреты при слабом ветре.

Тепловизионное обследование может проводиться с удовлетворительными результатами в период слабого (редкого) снегопада с сухим снегом или при слабом дожде. Качество изображения при сильном снегопаде или дожде ухудшается, и определить достоверность измерения невозможно.

12. Измерительные трансформаторы тока и напряжения

12.1. Общие сведения

Измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН) являются необходимыми и ответственными элементами при эксплуатации релейной защиты и автоматики (РЗ и А).

Изменялась элементная база РЗ и А, но ТТ и ТН, по-прежнему, оставались первичными датчиками. Это в полной мере относится и к современной микропроцессорной защите.

От исправности и точности работы ТТ и ТН зависит не только правильный повседневный учет электроэнергии, отпускаемой потребителям, но и бесперебойность их электроснабжения, сохранность электрооборудования, особенно при коротких замыканиях (КЗ).

Точная работа ТТ и ТН, используемых для РЗ и А, необходима для правильного их функционирования.

Электромагнитные ТТ и ТН являются одной из разновидностей первичных преобразователей тока и напряжения. Разработаны и разрабатываются другие виды первичных измерительных преобразователей. Так, например, из токовых преобразователей наиболее перспективными считаются оптико-электронные преобразователи.

Требования к точности ТТ и ТН различны в зависимости от вида нагрузки, их назначения и других условий. Так, например, для целей измерения требуется работа ТН с классом точности не менее 0,5 при напряжениях от 0,8 до 1,2 $U_{ном}$.

При первичных напряжениях до 330 кВ используются электромагнитные ТН. Трехфазные масляные ТН типа НТМИ выпускаются на номинальные напряжения до 20 кВ. Они имеют пятистержневой магнитопровод, на трех стержнях которого расположены первичные и по две вторичные обмотки каждой фазы. Значительно меньшие массогабаритные параметры имеют ТН с литой изоляцией. Заводы-изготовители обычно указывают у ТН номинальную мощность, подразумевая под ней максимальную нагрузку, которую может питать ТН в гарантированном классе точности.

Погрешности ТТ (токовая, угловая, полная) зависят от степени насыщения магнитопровода ТТ. Так, чем больше насыщение, тем меньший ток попадает в реле. При глубоком насыщении магнитопровода ТТ резко искажается форма кривой вторичных токов, что может привести к вибрации контактов электромеханических реле.

В ПУЭ к ТТ и ТН предъявляются особые требования, обеспечивающие их надежную работу в системах электроснабжения. Это связано со следующим.

Во-первых, ТТ и ТН являются первичными преобразователями сигналов всех поколений РЗ и А, в том числе и для цифровых (микропроцессорной).

Во-вторых, ТТ и ТН входят в состав измерительных комплексов по учету электроэнергии вместе со счетчиками, в том числе и коммерческого учета.

В-третьих, ТТ и ТН должны выбираться с учетом требуемого класса точности. Так, для коммерческого учета электроэнергии применяются ТТ, ТН и счетчики класса точности не хуже 0,5.

В-четвертых, ТТ являются источниками оперативного тока для РЗ и А на переменном токе.

Применяемые ТН типа НТМИ-6-10, как показывает опыт их эксплуатации, часто выходят из строя при феррорезонансных явлениях в электрической сети, из-за которых через обмотки ВН трансформатора проходят токи, многократно превышающие номинальные.

Причинами возникновения феррорезонансных процессов являются:

- повышение напряжения любой из фаз источника питания, что ведет к развитию в сети самопроизвольно возникающих колебаний на основной и высших гармониках. При этом имеют место перенапряжения, в 3—4 раза повышающие фазные напряжения, и как следствие — нарушения изоляции, приводящие к однофазным замыканиям на землю и к многофазным КЗ;
- переходные процессы, вызванные коммутациями в схеме электроснабжения. При этом могут возникать феррорезонансные процессы на основной, на высших и даже на низших гармониках.

Особенно опасны для ТН длительные однофазные замыкания на землю через перемежающуюся дугу в сетях 6–10 кВ.

С 1995 г. на Раменском электротехническом заводе выпускаются антирезонансные ТН серии НАМИ6-10-35 кВ и НАМИ-10/6-95, опыт эксплуатации которых показал, что они имеют завышенные погрешности.

12.2. Антирезонансные ТН типа НАМИТ *(ОАО «Самарский трансформатор»)*

С 1997 г. в ОАО «Самарский трансформатор производятся трехфазные антирезонансные ТНКИ марки НАМИТ-10-2УХЛ2. Эти трансформаторы являются оптимальными с точки зрения выполнения функциональных возможностей и требований к классу точности среди трансформаторов контроля изоляции в электрических сетях 6–10 кВ.

Технические характеристики ТН типа НАМИТ-10-2

Номинальное напряжение обмоток, кВ:
- первичной . . . . 6 или 10
- основной вторичной 0,1
- дополнительной вторичной 0,1/3

Номинальная мощность обмоток, В·А вторичной основной при симметричной нагрузке
- в классе точности:
  - 0,5. 200
  - 1,0. 300
  - 3,0. 600
- вторичной дополнительной. 30

Предельная мощность вне класса точности, В·А:
- трансформатора. 1000
- вторичной основной обмотки 900
- вторичной дополнительной обмотки 100

Коэффициент мощности нагрузки cosφ 0,8
Диапазоны рабочих температур,°С. +55...–60
Высота над уровнем моря, м, не более. 1000
Масса, кг, не более 100
Габариты, мм. . . . . 482×353×635

Работа ТН типа НАМИТ-10-2 УХЛ2 при любых режимах работы электрической сети не имеет ограничений во времени. В нормальных условиях обеспечивается класс точности 0,5 при симметрично распределенной по фазам *a*, *b* и *c* нагрузке 200 В·А. Трансформатор устанавливается в шкафах КРУ(Н) и в закрытых РУ промышленных предприятий.

12.3. ТН серии ЗНОЛП; ТТ серий ТЗРЛ, ТЗЛ
(ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока»)

Признанными преимуществами трансформаторов с запатентованным товарным знаком «СЗТТ» являются:
- широкий ассортимент ТТ по номинальному первичному току и классу точности (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 0,2S; 0,5S; 1,0; 3,0; 10,0; 5P; 10P);
- широкий ассортимент ТН по номинальному первичному напряжению и классу точности (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0);
- производство отдельных типов трансформаторов с различными видами изоляции (литой или в пластмассовом корпусе);
- возможность изготовления изделий с любым сочетанием класса точности и номинальной вторичной нагрузки;
- возможность изготовления трансформаторов любой конфигурации;
- возможность установки трансформаторов в любом положении в пространстве;

– высокая надежность и точность измерений;

– простота технического обслуживания и удобство установки.

Использование в качестве изоляции эпоксидного и полиуретановых компаундов обеспечивает высокие электроизоляционные и физико-механические свойства, высокую электрическую прочность изделий, полную герметизацию трансформаторов. Все это повышает надежность изделий и сводит до минимума объем профилактических работ при их эксплуатации.

Кроме того, изделия ОАО «СЗТТ» имеют меньший вес и габариты по сравнению с аналогичными изделиями с использованием других видов изоляции.

Ниже рассмотрены некоторые современные ТТ и ТН, выпускаемые заводом.

Известно, что с целью удешевления электроустановок при защите их от КЗ и нарушений нормальных режимов вместо автоматических выключателей там, где это возможно, применяются плавкие предохранители. Для этих случаев завод выпускает ТН с встроенными предохранительными устройствами (ЗПУ) серий ЗНОЛП, НОЛП на напряжение 6 и 10 кВ.

В ТН этих серий — высоковольтные выводы первичной обмотки выполнены с встроенными ЗПУ, которые как и магнитопровод с обмотками, залиты изоляционным компаундом, образуя монолитный блок. ЗПУ выполнено в виде разборной конструкции с плавкой вставкой, представляющей собой металлодиэлектрический резистор, подобранный для каждого типа ТН. Это устройство срабатывает при токах, менее 1 А, время отключения от 5 до 10 с. После срабатывания ЗПУ подлежит перезарядке.

1. Трансформаторы напряжения измерительные типа ЗНОЛП со встроенным ЗПУ предназначены для установки в КРУ, токопроводы и служат для питания цепей измерения, РЗ и А, сигнализации и управления в электрических установках переменного тока частотой 50 или 60 Гц с изолированной нейтралью. ТН изготавливаются в климатическом исполнении «У» и «Т».

Таблица 12.1

Технические характеристики ТН типа ЗНОЛП

Параметры	Значение параметров	
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	6000/√3	10000/ √3

Параметры	Значение параметров	
Номинальное напряжение первичной обмотки, В	$6300/\sqrt{3}$	$10500/\sqrt{3}$
	$6600/\sqrt{3}$	$11000/\sqrt{3}$
	$6900/\sqrt{3}$	
Номинальное напряжение основной вторичной обмотки, В	$100/\sqrt{3}$	
Номинальное напряжение дополнительной вторичной обмотки, В	100/3 или 100	
Номинальная мощность основной вторичной обмотки, В·А*		
в классе точности 0,2	30	50
в классе точности 0,5	50	75
в классе точности 1	75	150
в классе точности 3	200	300
Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки в классе точности 3, В·А	200	300
Предельная мощность вне класса точности, В·А	400	630
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Ток отключения, А, не более	0,55	
Время срабатывания предохранителя, с, не более	3	
	20	
Сопротивление резистора в составе предохранителя, Ом	13	
Номинальная мощность резистора, Вт	0,25	
Испытательное напряжение, кВ:		
одноминутное промышленной частоты	32	42
грозового импульса	60	75
*Высший класс точности указывается в заказе		

ЗПУ образует с ТН монолитный блок, что позволяет:

- значительно сократить суммарный объем, занимаемый ТН и предохранителем, а, следовательно, объем КРУ;
- обеспечить надежный контакт между ТН и предохранителем, поддержание которого не нуждается в дополнительных мероприятиях;
- отказаться от шин или кабелей, необходимых для подключения предохранителя к ТН обычной конструкции и сократить время монтажа.

2. ОАО «СЗТТ» выпускает также трехфазные группы серии 3×ЗНОЛП, в которых используются ТН ЗНОЛП со встроенными ЗПУ. Использование таких трехфазных групп позволяет выпол-

нить схемы, где установка трехфазных групп серии 3×ЗНОЛ.06 с отдельно стоящими предохранителями невозможна из-за ограниченного объема ячейки.

Трехфазная антирезонансная группа ТН серии 3×ЗНОЛП предназначена для установки в КРУ и ЗРУ и служит для питания электроизмерительных приборов, цепей защиты и сигнализации в электроустановках переменного тока частоты 50 и 60 Гц. Группа ТН устойчива к феррорезонансу и(или) воздействию перемещающейся дуги в случае замыкания одной из трех фаз на землю в сетях с изолированной нейтралью.

3. Трансформаторы тока серии ТЗРЛ относятся к разъемным ТТ нулевой последовательности с окном 70, 100, 125 и 205 мм.

Они предназначены для питания схем релейной защиты от замыкания на землю отдельных жил трехфазного кабеля путем трансформации возникших при этом токов нулевой последовательности. Трансформатор устанавливается на кабель и изготавливается в исполнении «У».

Технические характеристики ТТ серии ТЗРЛ

Номинальное напряжение, кВ. 0,66
Номинальная частота, Гц . . . . 50 или 60
Коэффициент трансформации 30/1
Односекундный ток термической
стойкости вторичной обмотки, А 140
Испытательное одноминутное напряжение
промышленной частоты, кВ 3
Диапазон рабочих температур,°С. . . . . –50...+60
Масса, кг, не более 10*
*Для ТТ серии ТЗРЛ-200; для ТТ серии ТЗРЛ-70 масса не более 6,8 кг.

Таблица 12.2

Технические характеристики ТН серии 3хЗНОЛП

Параметры	3×ЗНОЛП.06-6	3×ЗНОЛП.06-10
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ:	7,2	12
Номинальное линейное напряжение на выводах первичной обмотки, В	6000, 6300, 6600, 6900	10000, 10500, 11000
Номинальное линейное напряжение на выводах основной вторичной обмотки, В	100	
Напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток:		
при симметричном режиме работы сети, не более, В	3	
при замыкании одной из фаз сети на землю, В	от 90 до 110	
Мощность нагрузки на выводах разомкнутого треугольника дополнительной вторичной обмотки при напряжений 100 В и коэффициенте мощности нагрузки 0,8 (характер нагрузки — индуктивный), В·А	400	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Масса, кг	93	99

Данные по релейной защите

Тип реле	Используемая шкала реле, А	Уставка тока срабатывания, А	Чувствительность защиты (первичный ток, А), не более		
			при работе с одним трансформатором	при последовательном соединении, трансформаторов	при параллельном соединении двух траисформаторов
РТ-140/0,2	0,1–0,2	0,1	25	30	45
РТЗ-51	0,02–0,1	0,03	3	4	4,5

4. Трансформаторы тока нулевой последовательности серии ТЗЛ-200 и ТЗЛЭ-125 предназначены для питания схем релейной защиты от замыкания на землю отдельных жил трехфазного кабеля путем трансформации возникших при этом токов нулевой последовательности.

   Трансформаторы серии ТЗЛ-200 изготавливаются в климатическом исполнении «У» и «Т», а серии ТЗЛЭ-125-«УХЛ2».

Технические характеристики ТТ серии ТЗЛЭ-125

Номинальное напряжение, кВ 0,66
Испытательное одноминутное напряжение, кВ 3
Номинальная частота, Гц . . . . . 50 или 60
Коэффициент трансформации 30/1
Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51 с током уставки 0,032 А и сопротивлении соединительных проводов 1 Ом, не более, А
- при работе с одним трансформатором 2,8
- двух трансформаторов при последовательном соединении 3,2
- при параллельном соединении двух трансформаторов 4,8

Односекундный ток термической стойкости вторичной обмотки, А 140
Масса, кг, не более 8,5

Технические характеристики ТТ серии ТЗЛЭ-200

Номинальное напряжение, кВ 0,66
Испытательное одноминутное напряжение кВ 3
Односекундный ток термической стойкости, А 140
Номинальная частота, Гц . . . . . 50 или 60
Коэффициент трансформации 60/1
Чувствительность защиты по первичному току при работе с реле РТЗ-51 с током уставки 0,03 А, не более, А 2,8
Масса, кг 9,8

12.4. Измерительные трансформаторы тока и напряжения общего назначения

Таблица 12.3

Трансформаторы тока для внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТВЛМ-6-1	6	0; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	5	—	—	1	15	—	—	—	3,5; 7; 10,6; 17,6; 26,6; 35,2; 52; 52; 52; 52	0,64; 1,32; 1,96; 3,6; 4,9; 6,9; 9,7; 13,8; 17,5; 20,5	5,3
ТВЛМ-10*	10	20; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	5	—	0,5/Р; Р/Р	—	15; 10	—	—	—	7; 10,6; 17,6; 35,2; 52; 52; 52; 52	0,94/4; 1,45/4; 2,45/4; 4,85/4; 6,25/4; 8,75/4; 12,5/4; 15/4	20; 20,5
ТОЛК-6,05	6	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 500	5	—	—	1	30	—	—	—	7; 10,5; 14; 17,6; 25; 25; 25	0,66/4; 0,98/4; 1,4/4; 1,8/4	11
ТЛМ-6УТЗ	6	300; 400	5	1/Р	1	10/15	—	—	—	125	—	25/4	27
		600; 800		0,5/Р	0,5	10/15							
		1000; 1500			0,5	10/15							

Продолжение таблицы 12.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТПЛК-10	10	10; 15; 30; 50	5	0,5/10Р; 10Р/10Р			—	—	—	2,47; 3,7; 7,4	—	0,45/4; 0,675/4; 1,35/4	
		100–400			0,5	10				74,5			
					10Р	15							
		600;800								14,8			
		1500								74,5			
ТЛМ-10-1 ТЛМ-10-2	10	50	5	0,5/10Р; 10Р/10Р		10Р	—	—	—	17,6	—	2,8(3)	—
		100								35,2		6,3(3)	
		150								52,0		7,2(3)	
		200			0,5	10				52,0		10,1(3)	
		300; 400			0,5-10Р	15				100,0		18,4(3)	
		600; 800			0,5-10Р	—				100,0		23,3(3)	
		1000; 1500								100,0		26,3(3)	
ТЛ-10У3; ТЛ-10Т3	10	50	5	0,5/Р						51	—	2,5/4	—
		100										5,0/4	
		150										7,5/4	
		200			0,5	10	—					10,0/4	
		300			Р	—	15					15,0/4	
		400										20,0/4	
		600; 800; 1000			0,5	2,0	—	—		80		31,5/4	
		1500			Р	—	30	—	—			3,5	

Продолжение таблицы 12.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТЛ-10У3; ТЛ-10Т3	10	2000	5	0,5/Р	Р	—	30	—	—	81	—	31,5/4	—
				Р/Р			—	15					
		3000		0,5/0,5	0,5	14	—	—					
				Р/Р	Р	—		15					
ТПК-10	10	50	5	—	0,5	10	—	—	—	25	—	8/1	20
		75; 100			10Р	10				52		20/1	—
		150; 200								52		31,5/1	16,5
		300; 400								81		31,5/3	—
		600; 800								—		—	—
		1000; 1500										—	—
ТПОЛ-10У3	10	600; 800	5	10Р	0,5	10	—	—	81; 81	—	32(3)	—	18
		1000; 1500		10Р/10 Р	10Р	0,6			69		27(3)		—
				0,5/Р		15			45		15(3)		
ТПОЛ-10Т3	10	600	5	10Р; 10Р/10 Р 0,5/Р	0,5	10	—	—	81	—	32(3)	—	—
		800			10Р						32(3)		
		1000				0,6			69		27(3)		
		1500				15			45		18(3)		
ТПОЛМ-10*	10	400; 600	5	0,5Р; Р/Р	0,5	15	—	—	160		65/1	—	—
		800			Р				—		—		
		1000; 1500				15			155		65/1		

Продолжение таблицы 12.3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТПОЛМ-10Т*	10	400; 600; 800	5	0,5Р; Р/Р	0,5	15	—	—	160	—	65/1	—	—
		1000; 1500			Р				155				
ТПШЛ-10У3	10	4000	5	10Р; 0,5/10Р	0,5	—	—	—	20	—	35/3	—	43
		5000			10Р				30		—		—
ТПШЛ-10Т3	10	4000; 5000	5	10Р; 0,5/10Р; Р/10Р	0,5	—	—	—	20	—	35/3	—	43
					10Р				30		—		—
ТОЛ-10У3 ТОЛ-10Т3	10	50	5	Р/Р					—	17,6	—	2,45/4	25
		100								52		4,85/4	
		150								52		6,25/4	
		200			0,5	10	—	15		52		8,75/4	
		300; 400			3	—		—		100		16/4	
		600; 800								100		20/4	
		1000; 1500								100		31,5/4	
ТШЛП-10УТ3	10; 11	1000; 200	5	0,5/Р; Р/Р	0,5	20	—	—	—	35/4	—	—	—
ТШЛПК-10УТ3					Р	30							
ТЛШ-10У3(Т3)	10	2000; 3000	5	Н/Р; Р/Р	0,5	20	—	—	81	—	31	26	—
					—	—	30		—		—	—	
ТШ-20-УХЛ3	20	8000; 10000	5	—	10Р	30	—	—	—	160(3)	—	45	—
ТШ-20-Т3		12000			0,2	—				—		49	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТШ-24	24	2000	5	—	10Р	100	—	—	—	—	—	—	—
					0,2	—							105
ТШЛО-20	20	400		Р	0,5; Р	20				82		7500/4	3
ТПОЛ-20	20	400	5	1/10Р; 10Р/10Р	10Р	—	15	—	—	120	—	16(3)	43
		600		0,5/10Р 10Р/10Р	0,5; 10Р	20	—					24(3)	
		800				30						32(3)	
		1000; 15000				50						40(3); 60(3)	
ТПОЛ-20Т	20	400; 600	5	10Р	Р	20	—	—	75	—	40/4	—	—
		800		0,5	—				—		—		
ТШВ-24	24	24000	5	0,5	10Р	—	—	—	—	—	6/3	—	—
		3000			0,2	100							106
ТПОЛ-27	27	1500	5	Р/Р	Р	20	—	—	70	—	20/4	—	105
		2500				—			50				95
ТПОЛ-35	35	400	5	10Р/10Р ; 1/10Р	1; 10Р	15	—	—	—	100	—	16/3	55
		600		10Р/0,5 10Р/10Р	0,5; 10Р	20						24(3)	
		800		10Р/0,5 10Р/10Р		30						32(3)	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТПОЛ-35	35	1000		10Р/0,5 10Р/10Р	0,5; 10Р	50	—	—	—	100	—	40(3)	55
		1500		10Р/0,5 10Р/10Р								52(3)	

* Сняты с производства.

Примечание. Обозначение типа трансформатора: Т — трансформатор тока или в тропическом исполнении (если Т стоит после цифры); К — катушечный, для КРУ; П — проходной или для установки на плоских шинах; О — одновитковый (стержневой) или опорный (ТОЛ); Л — с литой изоляцией или лабораторный; В — втулочный или с воздушной изоляцией; У — усиленный или для районов с умеренным климатом (если У стоит после цифры); М — модернизированный или малогабаритный; ХЛ — для районов с холодным климатом; число после первого дефиса — номинальное напряжение, кВ; цифра 1 в конце — первый вариант или для работы на открытом воздухе; 2 — второй вариант или для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Таблица 12.4

Трансформаторы тока для наружной установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТКЛН-10	10	10–200	5	0,5/Р; Р/Р	0,5	–/0,4	—	—	100	—	50/1	—	20
					Р	—		0,6	—		—		
ТФНД-33Т	33; 35	100–400	5	Р/Р/0,5	0,5	30/ 1,2	60/ 2,4	—	—	14; 21	—	4/4; 6/4	420
ТФЗМ-33А-Т1		600; 1200			Р					28; 42; 56; 84; 169		8/4; 12/4; 16/4; 24/4 48/4	
ТФН-35М	35	15–800	5	0,5/Р	0,5	–/2	–/4	—	150	—	65/1	—	—
(ТФЗМ-35А-У1; ТФЗМ-35А-ХЛ1)		100			Р	–/0,8			100				
ТФНД-35М	35	15–600	5	0,5/Р/Р	0,5	–/1,2	–/ 2,4	—	150	—	—	—	—
(ТФЗМ-35Б1У1)		800; 1000			Р				100		32; 5/4		
		1000; 2000							50				
ТФЗМ-35А-ХЛ1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	5	0,5/10Р	0,5; 10Р	50	—	—	—	—	—	—	200
						20							—

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФЗМ-35М-У1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600	5	—	0,5; 10Р	50 20	100	—	—	3; 4; 6; 8; 10; 15; 21; 31; 42; 63; 84; 127	—	0,6/3; 0,7/3; 1,1/3; 1,5/3; 1,9/3; 2,3/3; 3,5/3; 5,8/3; 7/3; 11,6/3; 15/3; 22/3	240
ТФЗМ-35Б-1У1	35	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000	5	—	0,5; 10Р	30	60	—	—	3; 4; 6; 8; 10; 15; 21; 31; 42; 63; 3; 4: 6; 8; 10; 15; 21; 31: 42: 63; 84; 127; 107; 134; 106; 141	—	0,7/3; 1/3; 1,5/3; 2,1/3; 2,3/3; 3,5/3; 0,7/3; 1/3; 1,5/3; 2,1/3; 2,3/3; 3,5/3; 4,7/3; 7/3; 10,5/3; 15/3; 21/3; 31/3; 31/3; 37/3; 41/3	500
ТФЗМ-35Б-IIУ1	35	500	5	—	0,5; 10Р	30	—	—	—	125	—	55/3	500
		1000				50						49/3	
		2000								145			
		3000										57/3	
		1000	1			30				125			
		2000				50				145		49/3	
		3000										57/3	
ТФЗМ-33А-Т1	33	100; 150; 200; 300; 400; 600; 1200	5	—	0,5; 10Р	30 20	60 —	—	—	14; 21; 7; 28; 42; 56; 84; 169	—	4,6/3; 7/3; 9/3; 14/3; 18/3; 28/3; 56/3	420

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФЗМ-66В-Т1	66	200–400	5	—	0,5	30	—	—	—	24–48	—	9/3–18/3	830
		600–1200			10Р					48–96		18/3–36/3	
ТФНР-35 (ТФЗМ-35Б-IIУ1)	35	500; 1000	5	0,5/Р/Р	0,5	–/1,2	—	—	—	125	49/4	49/4	—
		2000; 3200			Р	–/2				145	57/4	57/4	
		1000	1		0,5	30/–				125	49/4	49/4	
		2000; 3200			Р	50/–				145	57/4	57/4	
ТФН-66СТ	66	200–400	5	Р/Р/0,5	0,5; Р	–/1,2	—	—	120	—	50/3	—	—
ТФНУ-66СТ	66	200–400	5	Р/Р/0,5	0,5	–/1,2	—	—	—	24–48	—	9,4/4–18,8/4	—
		600–1200			Р					48–96		—	
ТФНД-110 М (ТФЗМ-110Б-1У1)	110	50–600	5	0,5/Р/Р	0,5	–/1,2	—	—	150	—	43,3/3	—	—
		400–800			Р				110		34,6/3		
ТФНД-110М-ХЛ	110	50–600	5	0,5/Р/Р	0,5	–/1,2	—	—	150	—	43,3/3	—	—
		400–800			Р				110		34,6/3		
ТФНД-110М-II	110	750–1500	5	0,5/Р/Р	0,5	–/0,8	—	—	75	—	60/1	—	—
		1000–2000			Р								
(ТФЗМ-110Б-IIУ1)	110	750–1500	1	0,5/Р/Р	0,5	20/–	—	—	75	—	60/1	—	—
		1000–2000											

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНД-110М-II-ХЛ	110	750–1500	5	0,5/Р/Р	0,5	–/0,8	2/–	—	75	—	34,6/3	—	—
		1000–2000			Р				—		—		
		750–1500	1		0,5	20/–	50						
		1000–2000			Р								
ТФЗМ-110Б-1У1	110	50–100	5	—	0,5	30	100	—	—	10–20	—	2/3–4/3	540
		75–150			10Р		—			15–30		3/3–6/3	
		100–200								21–42		4/3–8/3	
		150–300								31–62		6/3–12/3	
		200–400								42–84		8/3–16/3	
		300–600								63–126		13/3–26/3	
		400–800								62–124		14/3–28/3	
ТФЗМ-100Б-IIУ1	110	750–1500	5	—	0,5	20/–	—	—	—	79–158	—	26/3–52/3	11200
		1000–2000		10Р	10Р					106–212		34/3–68/3	—
		750–1500	1	—	0,5					79–158		26/3–52/3	11200
		1000–2000		10Р	10Р					106–212		34/3–68/3	—

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНУ-132СТ	132	200–400	5	0,5/Р/Р	0,5; Р	30/–	—	—	—	49–90	—	11–22	1645
		300–600											
		500–1000											
		600–1200										17–34	
		750–1500											
ТФНУ-132СТ	132	200–400	1	0,5/Р/Р	0,5; Р	30/–	—	—	—	49–90	—	11–22	1645
												17–34	
ТФНД-150-1	150	600–1200	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	–/1,6	—	—	—	62	24,6/3	—	—
(ТФЗМ-150-IУ1)	150	600–1200	1	0,5/Р/Р/Р	Р	–/2	—	—	—	62	24,6/3	—	—
					0,5	40/–							
ТФНД-150-1-ХЛ		600–1200	5		Р	50/–							
			1		0,5	1,6/–							
					Р	2/–							
					0,5	40/–							
					Р	50/–							
ТФЗМ-150-IУ1	150	600–1200	5	0,5	0,5	40/–	—	—	—	52–104	14–28(3с)	—	1060
				10Р	10Р	50/–							
			1	0,5	0,5	40/–							
				10Р	10Р	50/–							

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФЗМ-150Б-IIУ1	150	1000–1200	5	0,5	0,5	30/–	—	—	—	113–226	41,6–83,2	—	1165
				10P	10P	50/–							
ТФНР-150/2000 (ТФЗМ-150Б-IIУ1)	150	1000–1200	5	0,5/P/P/P	0,5	1,2/–	—	—	—	—	—	—	—
					P_1	1,4/–			75		60/3		
ТФНР-150/2000 (ТФЗМ-150Б-IIУ1)	150	1000–1200	1	0,5/P/P/P	P_2; P_3	1,6/–	—	—	—	—	—	—	—
					0,5	30/–			—		—		
					P_1	31/–			75		60/3		
					P_2; P_3	40/–			—		—		
ТФНР-150Т	150	600–1200	5	0,5/P/P/P	0,5	40/–	—	—	52; 104	—	14/3	—	1450
			1		P	50/–			—		28/3		—
					0,5	40/–			52; 104		14/3		1450
					P	50/–			—		14/3		—

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНД-220-I-ХЛ	220	300–600–1200	5	0,5/P/P/P	0,5	1,2	3	—	60	—	60/1	—	—
(ТФЗМ-220Б-III)			5		P_1	1,2	3						
					P_2; P_3	2	4						
			1		0,5	30/–	75						
					P_1	30/–	75						
					P_2; P_3	50/–	100						
ТФНД-220-I-ХЛ	220	300–600–1200	5	0,5/P/P/P	0,5	1,2	3	—	60	—	—	—	—
					P_1				—		34,3/3		
					P_2; P_3	2	4						
ТФНД-220-I-ХЛ	220	300–600–1200	1	0,5/P/P/P	0,5	30/–	75	—	—	—	34,3/3	—	—
					P_1						—		
					P_2; P_3	50/–	100						

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНУ-220ТС	220	300–600	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2	—	—	90	—	34,3/3	—	—
		400–800			P_3				60				
		600–1200			P_1; P_2	0,8			90				
		750–1500			0,5	30/–			60				
		300–600	1		P_3	30/–			90				
		400–800			P_1; P_2	20/–			60				
		600–1200			—	–/30	–/30		90				
		750–1500				–/20	—		60				
ТФНД-220-3Т	220	300–600	5	0,5/P_1/P_2/P_3	0,5	1,2/–	—	—	—	27–54	—	10–20	3510
		400–800			P_1	2/–				24–48		9–18	
		600–1200			P_2					54–108		20–40	
		750–1500			P_3	1,2/–				45–90		17–34	
		300–600	1	0,5/Р/Р/Р	0,5	–/30				27–54		10–20	
		400–800			P_1	–/50				24–48		9–18	
		600–1200			P_2					54–108		20,4–40,8	
		750–1500			P_3	–/30				45–90		17–34	

Продолжение таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНД-220- IУ (ТФЗМ-220-IVУ1)	220	550–1000–2000	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	1,2/–	—	—	—	—	—	—	—
					P_1; P_2	2/–				100		22,7/3	
					P_3	1,2/–				—		—	
			1		0,5	30/–				—		—	
					P_1; P_2	50/–				100		22,7/3	
					P_3	30/–				—		—	
ТФЗМ-220Б-IIIУ1	150	1000–2000	1	0,5	0,5	30/–	—	—	—	113–226	—	41,6–83,2(3с)	1465
					10Р	50/–				—		—	—
	220	300–600	5	—	0,5	–/30				25–50–100		9,8–19,6–39,2(3с)	2260
					10Р	50/50/ 30							—
		300–600–12000	1		0,5; 10Р	10/50/ 30				100			
ТФЗМ-220Б-IVУ1	220	500–1000–2000	5	—	0,5	30/–	—	—	—	25–50–100	—	9,8–19,6–39,2	2380
					10Р	25/25/20				100			—
			1		0,5	30/–				—			2380
					10Р	25/25/20				25–50–100			—
ТФКН-330А(Б)	330	500–1000–2000	5	0,5/Р/Р/Р	0,5	50	50	—	70	—	36,8/2	36,8/2	2360
			1		Р							—	
ТРН-330Б-ПУТ	330	1000–2000	1	Р/Р/Р/Р/0,2	0,2	15	—	—	—	160	—	63/1	3850
		1500–3000			10Р	40							

Окончание таблицы 12.4

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности или обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В·А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		первичный	вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$, кА	кратность/ допустимое время, ед/с	допустимый ток/ допустимое время кА/с	
ТФНКД-500А (Б)-1	500	500; 1000; 2000	1	Р/Р/Р/ 1(Р)/0,5	0,5 10Р	30; 50; 75	—	—	—	22–44	—	8/1–16/1	6096
ТФНКД-500Т	500	1000–2000	1	0,5/Р/Р/ Р	0,5 Р	30 75	—	—	—	22,5–45	—	18/1	—
ТРН-500 (ТРН-500У1)	500	1000–2000	1	0,5/Р/Р/ Р	0,5; Р	30;75	—	—	—	85	—	34/1	—
				—	0,5	30				120		47/1	
		1500–3000		0,5/Р/Р /Р/Р	Р	—	40						
		2000–4000		—	—		—						
ТРН-750У1	750	1000–2000	1	0,5/Р/Р /Р/Р	0,5	30	20	—	—	120	—	47/1	1064 0
		1500–3000			Р	—	—	40					
		2000–4000			—			—					

* Снят с производства.

Примечания: 1. Обозначение типа трансформатора: Т — трансформатор тока или в тропическом исполнении (если Т стоит после цифры); К — с кабельно-конденсаторной изоляцией (ТФКН), каскадный (ТФНКД-500); Ф — с фарфоровой изоляцией; У — усиленный или для районов с умеренным климатом (если У стоит после цифры); Н — для наружной установки; Д — с сердечником для дифференциальной защиты;

Р — с рымовидными обмотками; ХЛ — для районов с холодным климатом; число после первого дефиса — номинальное напряжение, кВ; цифра 1 в конце — первый вариант или для работы на открытом воздухе; 2 — второй вариант или для работы в закрытых помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 — для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией; II, III, IV — габарит; А (Б) — категория электрооборудования по длине пути утечки внешней изоляции.

2. В скобках указан запасной тип трансформатора.

Таблица 12.5

Трансформаторы тока (кабельные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6–10 кВ

Тип	Число охватываемых кабелей	Наружный диаметр кабелей, мм	Цепь подмагничивания		Вторичная цепь		ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, не более, мВ	
			$U_{ном}$, В	$S_{потр.}$, В·А	Z, Ом	$S_{получ.}$ при 1А, В·А	от подмагничивания	от несимметричности при номинальной нагрузке
ТНП-2	1–2	50	110	20	10	0,00625	150	17
ТНП-4	3–4			45				
ТНП-7	5–7			50		0,00344		14
ТНП-12	8–12	60		70				

Таблица 12.6.

Трансформаторы тока (шинные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6–10 кВ

Тип	Длительно допустимый ток при температуре воздуха 40°С, А	Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Наибольший ударный ток КЗ, кА	Потребляемая мощность цепи подмагничивания 110 В, В·А	ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, не более, мВ	
					от подмагничивания	от несимметрии первичных токов
ТНП-Ш1	1750	24	165	20	100	60
ТНП-Ш2	3000	48		25		85
ТНП-Ш3	4500	72		30		100
ТНП-Ш3У	7500	90	180	35		150

Таблица 12.7

Трансформаторы тока, встраиваемые в выключатели или силовые трансформаторы 10–220 кВ

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип</th><th rowspan="2">Вариант исполнения</th><th colspan="2">$I_{ном}$, А</th><th colspan="4">Вторичная нагрузка при cosφ = 0,8 в классе точности</th><th rowspan="2">Ток термической стойкости, кА</th><th rowspan="2">Номинальная предельная кратность</th></tr>
<tr><th>I_1</th><th>I_2</th><th>0,5</th><th>1</th><th>3</th><th>10</th></tr>
<tr><td rowspan="5">ТВ10-IУ2</td><td rowspan="3">6000/5</td><td>6000</td><td rowspan="5">5</td><td>20</td><td rowspan="5">—</td><td rowspan="3">—</td><td>—</td><td rowspan="2">85,5</td><td>3</td></tr>
<tr><td>75</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="2">20</td><td>1</td></tr>
<tr><td>100</td><td rowspan="3">10</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="2">200/5</td><td>150</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">—</td><td>5</td></tr>
<tr><td>200</td><td>9</td></tr>
<tr><td rowspan="16">ТВ35-IУ2</td><td rowspan="4">300/5</td><td>100</td><td rowspan="16">5</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="3">—</td><td>—</td><td>20</td><td rowspan="16">10</td><td>—</td></tr>
<tr><td>150</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="3">—</td><td>5</td></tr>
<tr><td>200</td><td>9</td></tr>
<tr><td>300</td><td>10</td><td>—</td><td>25</td></tr>
<tr><td rowspan="4">600/5</td><td>200</td><td rowspan="3">—</td><td>—</td><td>20</td><td rowspan="4">—</td><td>9</td></tr>
<tr><td>300</td><td>10</td><td rowspan="3">—</td><td>25</td></tr>
<tr><td>400</td><td>20</td><td>16</td></tr>
<tr><td>600</td><td>10</td><td>—</td><td>16*</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1500/5</td><td>600</td><td>10</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td>16</td></tr>
<tr><td>750</td><td rowspan="3">30</td><td>13</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>10</td></tr>
<tr><td>1500</td><td>6,5</td></tr>
<tr><td rowspan="4">150/5**</td><td>50</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td>10</td><td rowspan="3">—</td></tr>
<tr><td>75</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td>150</td><td>30</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="8">ТВ35-IIУ2; ХЛ2</td><td rowspan="4">300/5</td><td>100</td><td rowspan="8">5</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="4">—</td><td></td><td rowspan="8">10</td><td>—</td></tr>
<tr><td>150</td><td></td><td>2</td></tr>
<tr><td>200</td><td></td><td>—</td></tr>
<tr><td>300</td><td></td><td>7</td></tr>
<tr><td rowspan="4">600/5</td><td>200</td><td rowspan="4">—</td><td rowspan="3">—</td><td>—</td><td>40</td><td>2</td></tr>
<tr><td>300</td><td>30</td><td rowspan="3">—</td><td>7</td></tr>
<tr><td>400</td><td>40</td><td>3</td></tr>
<tr><td>600</td><td>30</td><td>—</td><td>14</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ТВ35-IIIУ2; ХЛ2</td><td rowspan="4">200/5**</td><td>75</td><td rowspan="4">5</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="4">25</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td>150</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td><td>20</td><td rowspan="2">—</td><td>5</td></tr>
<tr><td>200</td><td>—</td><td>9</td></tr>
</table>

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cosφ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ35-IIIУ2; ХЛ2	300/5	100		—	—	—	20	25	—
		150				20	—		5
		200							9
		300			10	—			16
	600/5	200	5	—	—	20	—	25	9
		300			10	—			16
		400			20				12
		600		10	—				30
	1500/5	600		10	—	—	—		30
		750		30					20
		1000							22
		1500							16*
ТВ110-IУ2; ХЛ2	200/5**	75	5	—	—	—	10	20	—
		100					20		
		150							
		200				10***			
	300/5	100		—	—	—	30		22
		150					20		—
		200				10***			
		300				15***	30		
	600/5	200		—	—	10***	—		22
		300				15***			20
		400				30***			15
		600		10	20	50***			25
	1000/5	400		—	10	30***	—		15
		600		10	20	50***			25
		750		20	25	75***			15
		1000		30	50	—			20*
ТВ110-IIУ2; ХЛ2	200/5**	75	5	—	—	—	15	50	—
		100					20		5
		150							10
		200			10	20***	—		20
	300/5***	100		—	—	—	20		5
		150							10
		200			10	20***	—		20
		300			15	30***			

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cosφ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ110-IIУ2; ХЛ2	600/5	200		—	—	15	—	50	34
		300			15	—			50
		400			25				40
		600		25	—				60
	1000/5	500		10***	15	—	—		80
		600		25	—				60
		750		50					37
		1000							50*
	2000/5	1000		50	—	—	—		50*
		1200							42
		1500							33*
		2000							25*
	1000/1	500	1	25***	60	—	—		50
		600		30					
		750		50					37
		1000							50*
	2000/1	1000		50	60	—	—		50*
		1200							42
		1500							33**
		2000							25*
ТВ220-IУ2; ХЛ2	600/5	200	5	—	—	40	—	25	—
		300			20	—			20
		400			30				
		600		10	20	50***			18
	1000/5	400		—	—	30	—		20
		600			20	50***			18
		750		15	30***	—			32
		1000		20	50***				25*
	2000/5	1000		—	—	50	—		13
		1200		20	50***	—			25*
		1500		30	—	—	—		16
		2000		50					12
	1000/1	400	1	—	—	40	—		15
		600		10	20	40***			22
		750		15	40***	—			25
		1000		30	—				25*

Тип	Вариант исполнения	$I_{ном}$, А		Вторичная нагрузка при cosφ = 0,8 в классе точности				Ток термической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность
		I_1	I_2	0,5	1	3	10		
ТВ220-IУ2; ХЛ2	2000/1	500	1	—	15	40***	—	25	19
		1000		30	—	—			25
		1500		40					16
		2000		50					13
ТВ220-IIУ2; ХЛ2	1200/5	600	5	—	15	—	—	40	50
		800		20	—				
		1000		30					40*
		1200							33
	2000/5	1000		30	—	—	—		40*
		12000							33
		1500							27
		2000							20*
	3000/5	1200		30	—	—	—		33
		1500							27
		2000							20*
		3000							17
	1200/1	600	1	—	15	—	—		50
		800		20	—				
		1000		30					40*
		1200							33
	2000/1	1200		30	—	—	—		33
		1500							27
		2000							20*
	3000/1	1200		30	—	—	—		33
		1500							27
		2000							20*
		3000							13

*Номинальная предельная кратность, ограниченная допустимым током термической стойкости.

**Термическая стойкость указана для случая, когда обмотка трансформатора замкнута на номинальную нагрузку. Трехсекундный ток термической стойкости указан для трансформаторов на номинальное напряжение 110 и 220 кВ, а четырехсекундный — для трансформаторов на номинальное напряжение 10 и 35 кВ.

***Вторичная нагрузка, при которой гарантирована номинальная предельная кратность (в случае указания нескольких значений нагрузки для типоисполнений трансформатора).

Таблица 12.8

Технические данные трансформаторов напряжения

Тип трансформатора	Номинальное напряжение обмотки, В		Номинальная мощность, В·А, в классе точности			Максимальная мощность, В·А
	первичной	вторичной	0,5	1	3	
НОС-0,5	380	100	25	40	100	200
НОС-0,5	500	100	25	40	100	200
НОСК-3	3 000	100	30	50	120	240
НОСК-6	6 000	100	50	80	200	400
НОМ-6	3 000	100	30	50	120	400
НОМ-6	6 000	100	50	80	200	600
НОМ-10	10 000	100	80	150	320	720
НТС-0,5	380	100	50	80	200	400
НТС-0,5	500	100	50	80	200	400
НТМК-6-48	3 000	100	50	80	200	400
НТМК-6-48	6 000	100	80	150	320	640
НТМК-10	10 000	100	120	200	480	960
НТМИ-6	3 000	100–100/3	50	80	200	400
НТМИ-6	6 000	100–100/3	80	150	320	640
НТМИ-10	10 000	100–100/3	120	200	480	960

Примечание. Обозначение трансформаторов напряжения: НОС — однофазный сухой; НТС — трехфазный сухой; НОМ — однофазный масляный; НТМК — трехфазный масляный с компенсирующей обмоткой; НТМИ — трехфазный трехобмоточный масляный пятистержневой; цифра, следующая после буквенного обозначения, — высшее номинальное напряжение в кВ

Таблица 12.9

Характеристики трансформаторов напряжения

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НОС-0,5-У4	0,5	380	100	—	—	25	50	100	—	200	1/1-0	9
		500										
НОСК-3-У5	3	3000				30	50	150		240		14
НОСК-6-66-У5(Т5)	6	6000	127–100			50	75	200		400		13
НОМ-6-У4(Т4)	6	3000	100			30	50	150		240		24
		6000				50	75	200		400		22
НОМЭ-6-У2(Т2)	6	6000										24
НОМ-10-66-У2(Т2)	10	10000				75	150	300		630	—	35
НОМ-15-У4(Т4)	15	13800								640	1/1-0	23
		15750										
		18000										
НОМ-35-66У1(Т1)	35	35000				150	250	600		1200		86
ЗНОМ-15-63У2(Т2)	15	6000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$/100:3			75	150	300		400	1/1/1-0-0	64
		10000:$\sqrt{3}$								640		63
		13800:$\sqrt{3}$										
		15750:$\sqrt{3}$										

Продолжение таблицы 12.9

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
ЗНОМ-20-63У2(Т2)	20	18000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$/100:3	—	—	75	150	300	—	640	1/1/1-0-0	85
		20000:$\sqrt{3}$										77,5
ЗНОМ-24-69У1	24	24000:$\sqrt{3}$				150	250	600		980		108
ЗНОМ-35-65У1	35	27500	127–100							1200		78
ЗНОМ-35-65У1(Т1)		35000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$/100:3									
ЗНОЛ.06-6У3(Т3)	6	3000:$\sqrt{3}$	$\frac{100}{\sqrt{3}}$	100/3 или 100	15	30	50	150		250	—	26,5
		3300:$\sqrt{3}$		100								
		6000:$\sqrt{3}$		100/3 или 100	30	50	75	200		400		
		6300:$\sqrt{3}$										
		6600:$\sqrt{3}$										
		6900:$\sqrt{3}$										
ЗНОЛ.06-15У3(Т3)	15	13800:$\sqrt{3}$			50	75	150	300	300	630	—	29,5
		15750:$\sqrt{3}$										
ЗНОЛ.06-10У3(Т3)		10000:$\sqrt{3}$										28,5
		11000:$\sqrt{3}$										
ЗНОЛ.06-20У3(Т3)		18000:$\sqrt{3}$										32,5
		20000:$\sqrt{3}$										

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
ЗНОЛ.06-24У3(Т3)	24	$24000{:}\sqrt{3}$	$\frac{100}{\sqrt{3}}$	100/3 или 100	50	75	150	300	300	630	—	40,5
ЗНОЛ.09-6.02	6	$3000{:}\sqrt{3}$			15	30	50	150	150	250		28,5
		$3300{:}\sqrt{3}$										
		$6000{:}\sqrt{3}$										
		$6300{:}\sqrt{3}$			30	50	75	200	200	400		
		$6600{:}\sqrt{3}$										
		$6900{:}\sqrt{3}$										
		$11000{:}\sqrt{3}$										
ЗНОЛ.09-10.02	10	$10000{:}\sqrt{3}$			50	75	150	300	300	630		31,5
НОЛ.11-605	6	6000	100–127	—	—	—	—	250	—	—	1/1-0	—
НОЛ.08-6УТ2	6	6000	100	—	30	50	75	200	—	400		28,5
		6300	100 или 110									
		6600										
		6900										
НОЛ.08-10УТ2	10	10000	100		50	75	150	300		630		31,5
		11000	100 или 110									
НТМИ-10-66У3	10	10000	100	100/3	—	120	200	500		960	$Y_н/Y_н$-0	81

Окончание таблицы 12.9

Тип	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В·А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НТМИ-18*	18	13800	100/100:3	—	—	120	200	500	—	960	$Y_н/Y_н$/-0	94
		15750										
		18000										
НКФ-110-57У1	110	110000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$/100			400	600	1200		2000	1/1/1-0-0	630
НКФ-110-58У1			100:$\sqrt{3}$/100:3									800
НКФ-66У1(Т1)	66	66000:$\sqrt{3}$	100:$\sqrt{3}$/100									545
НКФ-132-73Т1	132	132000:$\sqrt{3}$										630
НКФ-220-65Т1	220	220000:$\sqrt{3}$										1325

Таблица 12.10

Замена трансформаторов

Типы заменяемых трансформаторов	Замена
Трансформаторы тока	
ТК-20, ТК-40, Т-0.66, ТШ-0.66, ТК-120, ТШН-0,66 до 1500 А, ТКЛМ-0,5 Т3, ТР-0,66УТ2, ТЛ 0,66 УТ3, ТКЛП 0,66 ХЛ2, ТМ-0,66 У3, ТШЛ 0,66 СУ2 до 1500 А	ТОП 0.66, ТШП 0.66
ТШН 0,66 2000/5–5000/5, ТШЛ 0,66 СУ2 на 2000 А и 3000 А	ТШЛ 0.66 2000/5–5000/5
ТДЗЛ	ТЗЛ 1, ТЗЛМ-1, ТЗРЛ, ТЗЛЭ-125
ТПЛ-10, ТВК-10, ТЛК-10, ТЛМ-10, ТВЛМ-10, ТПЛМ-10, ТОЛ-10, ТВЛ-10	ТОЛ 10-1
ТПФ-10, ТПФМ-10, ТПОФ-10, ТПОФД-10	ТПОЛ-10
ТВЛМ-6	ТОЛК6
ТПШЛ-10	ТЛШ-10
ТПОЛ-20	ТПЛ20
ТФЗМ-35	ТОЛ 35
ТНП-4	ТЗЗ-4
Трансформаторы напряжения	
НОМ-6	НОЛ.08-6
НОМ-10	НОЛ.08-10
НТМК-6, НТМИ-6, НАМИ-6, НАМИТ-10(6)	3×ЗНОЛ.06-6
НТМК-10, НТМИ-10, НАМИ-10, НАМИТ-10	3×ЗНОЛ.06-10
ЗНОМ-15	ЗНОЛ.06-15
ЗНОМ-20	ЗНОЛ.06-20
ЗНОМ-24	ЗНОЛ.06-24
ЗНОМ-35	ЗНОЛ-35
Силовые трансформаторы	
ОМ-0.63/6, ОМ-1.25/6	ОЛ-1.25/6
ОМ-0.63/10, ОМ-1.25/10	ОЛ-1.25/10

13. Микропроцессорные устройства релейной защиты

Микропроцессорные устройства Sepam (компания «Шнейдер Электрик»)

Sepam — это микропроцессорное устройство защиты, управления, контроля и измерения. Sepam обеспечивает полный набор функций релейной защиты и автоматики в зависимости от типа присоединения. Области применения:
- энергетика: производство и распределение энергии;
- объекты инфраструктуры: аэропорты, туннели, общественный транспорт, обработка воды;
- промышленность: автомобильная, горная, полупроводники, металлургия, нефтехимия;
- сфера услуг: торговые центры, больницы.

Гамма однотипных реле защиты Sepam

Гамма реле защиты Sepam адаптирована ко всем видам применения и предназначена для защиты распределительных сетей среднего напряжения общего пользования и промышленного назначения.

Гамма включает в себя 3 серии устройств, отвечающих самым разнообразным требованиям, от самых простых до наиболее сложных:
- Sepam серии 20 для простого применения;
- Sepam серии 40 для сложного применения;
- Sepam серии 80 для персонализированного применения.

Гамма многофункциональных цифровых реле

Каждый тип Sepam обладает всем набором функций, необходимых для того вида применения, для которого он предназначен:
- эффективная защита оборудования и людей;
- точные измерения и подробная диагностика;
- единая система управления оборудованием;
- сигнализация и местная или дистанционная эксплуатация.

Устройства Sepam для каждого типа применения

Для каждого типа применения электротехнического оборудования имеются реле гаммы Sepam, предназначенные для защиты электрических сетей.

Устройства Sepam используются для следующих видов применения:
- защита подстанций (вводы и отходящие фидеры);
- защита трансформаторов;

– защита двигателей;
– защита генераторов;
– защита сборных шин;
– защита конденсаторов.

Характеристики устройств

Sepam серии 20: для применения в простых схемах защиты. Содержит 10 логических входов, 8 релейных выходов, один порт связи, 8 входов подключения температурных датчиков.

Sepam серии 40: для применения в схемах защиты с повышенными требованиями. Содержит 10 логических входов, 8 релейных выходов, редактор логических уравнений, 1 порт связи, 16 входов подключения температурных датчиков.

Sepam серии 80: для специального применения. Содержит 42 логических входа, 23 релейных выхода, редактор логических уравнений, 2 порта связи, съемный картридж с данными параметров и уставок защит для быстрого повторного ввода в эксплуатацию после замены, элемент питания для сохранения аварийных сигналов и событий и записи осциллограмм аварийных режимов, графический человеко-машинный интерфейс для обеспечения местного управления оборудованием, программное обеспечение Logipam, поставляемое в соответствии с требованиями заказчика для программирования специальных функций.

В таблице 13.1. показаны типы устройств Sepam, предназначенных для конкретного вида защиты.

Таблица 13.1

Выбор устройств Sepam

Функции защиты		Применение					
основные	специальные	Подстанция	Сборные шины	Трансформатор	Двигатель	Генератор	Конденсатор
Защита по току		S20/S23		T20/T23	M 20		
Защита по напряжению и частоте			B 21				
	Защита по скорости изменения частоты		B 22				
Защита по току, напря жению и частоте		S 40		T 40		G 40	
	Направленная защита от замыканий на землю	S 41			M 41		

Окончание таблицы 13.1

Функции защиты		Применение					
основные	специальные	Подстанция	Сборные шины	Трансформатор	Двигатель	Генератор	Конденсатор
	Направленная защита от замыканий на землю и в фазах	S 42		T 42			
Защита по току, напря жению и частоте		S 80	B 80				
	Направленная защита от замыканий на землю	S 81		T 81	M 81		
	Направленная защита от замыканий на землю и в фазах	S 82		T 82		G 82	
	Защита по скорости изменения частоты	S 84					
Защита по току, напря жению и частоте	Дифф.защита тр-ра или блока «эл. машина – тр-р»			T 87	M 88	G 88	
	Дифф.защита эл. машины				M 87	G 87	
Защита по току, напря жению и частоте	Контроль нап ряжения в 3 фазах для двух систем сборных шин		B 88				
Защита по току, напря жению и частоте	Защита от небаланса конденсатор ных батарей						C 86

Таблица 13.2

Применение устройств Sepam

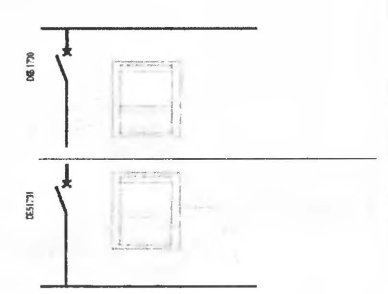
Sepam серии 20

Для простых применений



Характеристики

- 10 логических входов
- 8 релейных выходов
- 1 порт связи Modbus
- 8 входов подключения температурных датчиков



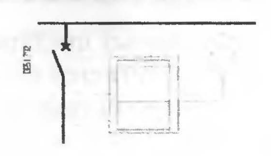
Sepam серии 40

Для применения с повышенными требованиями



Характеристики

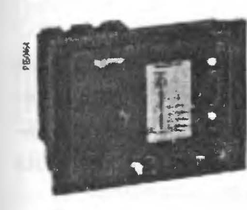
- 10 логических входов
- 8 релейных выходов
- редактор логических уравнений
- 1 порт связи Modbus
- 16 входов подключения температурных датчиков



Sepam серии 80

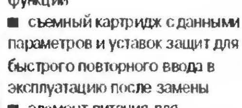
Для специального применения



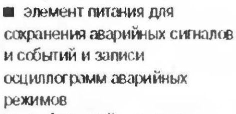


Характеристики

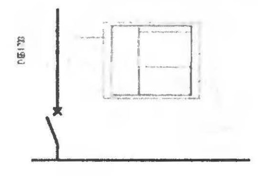
- 42 логических входа
- 23 релейных выхода
- редактор логических уравнений
- 2 порта связи Modbus
- 16 входов подключения температурных датчиков и функций

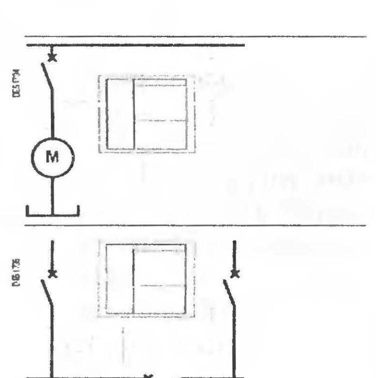


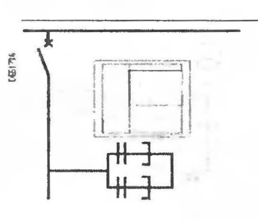
- съемный картридж с данными параметров и уставок защит для быстрого повторного ввода в эксплуатацию после замены



- элемент питания для сохранения аварийных сигналов и событий и записи осциллограмм аварийных режимов
- графический человеко-машинный интерфейс для обеспечения местного управления оборудованием
- программное обеспечение Logipam, поставляемое в соответствии с требованиями Заказчика, для программирования специальных функций







14. Освещение производственных помещений

14.1. Общие положения

На промышленных предприятиях около 10 % потребляемой электроэнергии затрачивается на электрическое освещение. Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, улучшению качества выпускаемой продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма.

Источники света и светильники производят в настоящее время многие предприятия как в России, так и за рубежом. Хорошо зарекомендовала себя продукция таких известных российских предприятий, как «Световые технологии», АОА «Лисма-КЭТЗ», «Технолюкс», ООО «Белый свет» и др.

14.2. Ламы накаливания

Лампы накаливания общего назначения

Лампы накаливания общего назначения (ЛОН) в настоящее время являются наиболее массовыми источниками света. Они предназначены для работы в сетях переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 220 В. Средняя продолжительность горения ламп — 1000 ч. В обозначении лампы буквы и цифры означают: В — вакуумная; Б — биспиральная с аргоновым наполнением; БО — биспиральная с аргоновым наполнением в опаловой колбе; Г — моноспиральная с аргоновым наполнением; РН — лампы накаливания различного назначения; 220–230 — диапазон напряжения сети (В), в котором рекомендуется эксплуатировать лампу; 100 — мощность лампы (Вт).

Таблица 14.1

Технические характеристики ламп накаливания типов В, Б, РН

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип лампы</th><th rowspan="2">Мощность, Вт</th><th rowspan="2">Световой поток, лм</th><th rowspan="2">Тип цоколя</th><th colspan="2">Габариты, мм</th></tr>
<tr><th>L</th><th>D</th></tr>
<tr><td>В 220-230-25-1*</td><td rowspan="3">25</td><td rowspan="3">220</td><td>Е27</td><td rowspan="2">105</td><td rowspan="2">61</td></tr>
<tr><td>Б 220-230-25-1*</td><td rowspan="2">Е27**</td></tr>
<tr><td>Б 220-230-25-2</td><td>98</td><td>81</td></tr>
<tr><td>Б 220-230-40*</td><td rowspan="3">40</td><td rowspan="2">430</td><td>Е27</td><td>110</td><td rowspan="2">61</td></tr>
<tr><td>Б 220-230-40-1*</td><td>Е27**</td><td>105</td></tr>
<tr><td>Б 220-230-40-2*</td><td>415</td><td>Е27</td><td>98</td><td>51</td></tr>
</table>

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Габариты, мм	
				L	*D*
Б 225-235-40-2*	40	355	E27	98	51
Б 220-230-60*	60	730		110	61
Б 220-230-60-1*			E27**	105	
Б 220-230-60-2*		715	E27	98	51
Б 225-235-60-2*		655			
Б 220-230-75-1*	75	960	E27**	105	61
Б 220-230-75-2				110	
Б 220-230-100*	100	1380	E27		
Б 220-230-100-1*			E27**	105	
Б 225-235-100-2*		1203	E27	98	51
Б 235-245-150	150	2180		130	71
Б 235-245-150-1*					
РН 220-230-200-1	200	2950		145	
РН 220-230-300	300	3350		140	91
РН 230-240-300		4800	E40	200	
РН 215-225-500	500	8400		240	32
РН 215-225-500-1					112

* Возможно изготовление ламп в опаловых колбах
** Возможно изготовление с цоколями В 22*d*
Примечание: *D* — диаметр колбы; *L* — высота (длина) лампы
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)

Таблица 14.2

Технические характеристики ламп накаливания типов В, Б, БК, Г

Тип лампы	Ф, лм	*n*, лм/Вт	*D*, мм	*L*, мм	*h*	Тип цоколя
В 125-135-15	135	9,0	61	105	—	E27/27
В 125-135-25	260	10,4				
Б 125-1-135-40	490	12,2		110	80	
БК 125-135-40	520	13,0	51	98	77	
Б 125-135-60	810	13,5	61	110	80	
БК 125-135-60	890	14,8	51	98	77	
Б 125-135-100	1540	15,4	61	110	80	
БК 125-135-100	1670	16,8	56	105	77	
Г 125-135-150	2420	16,1	81	166,5	128	
Г 125-135-150-1			71	130	93	
Г 125-135-200	3350	16,7	81	166,5	128	
Г 125-135-300-1	5050	16,8	91	184	133	E27/30
Г 125-135-300			111	240	178	
Г 125-135-500	9200	18,4,				E40/45
Г 125-135-1000	20000	20,0	151	309	225	
Г 125-135-1000-1			131	275	202	
В 215-225-15	120	8,0	61	105	—	
В 215-225-25	220	8,8				

Тип лампы	Ф, лм	*n*, лм/Вт	*D*, мм	*L*, мм	*h*	Тип цоколя
Б 215-225-40	430	10,8	61	110	80	Е40/45
БК 215-225-40	475	11,9	51	98	77	
Б 215-225-60	730	12,2	61	110	80	
БК 215-225-60	800	13,3	51	98	77	
Б 215-225-75	960	12,8	61	110	80	
БК 215-225-75	1030	13,7	56	105	77	
Б 215-225-100	1380	13,8	61	110	80	Е27/27
БК 215-225-100	1500	15,0	56	105	77	
Б 215-225-150	2220	14,8	81	166,5	128	
Б 215-225-150-1			71	130	93	
Г 215-225-150	2090	13,9	81	166,5	128	
Г 215-225-150-1			71	130	93	
Б 215-225-200	3150	15,7	81	166,5	128	
Г 215-225-200	2950	14,7				Е27/30
Г 215-225-300-1	4850	16,1	91	184	133	
Г 215-225-300			111	240	178	
Г 215-225-500	8400	16,1				
Г 215-225-750	13100	17,5	151	309	225	
Г 215-225-1000	18800	18,8				Е40/45
Г 215-225-1000-1			131	275	202	

С цоколем В 22, допускаемым для ламп мощностью до 150 Вт включительно, длина лампы *L* уменьшается на 1,5 мм, а высота светового центра *h* — на 8 мм

Примечание. Расчетное напряжение лампы равно среднему из первых двух чисел обозначения типа, мощность — третьему числу

Лампы накаливания зеркальные

Зеркальные лампы накаливания (лампы-светильники) предназначены для освещения помещений с высокими пролетами, подсветки витрин и рекламы, используются при фото- и киносъемках и для других целей. Пространственное распределение светового потока лампы определяется формой колбы, на внутреннюю поверхность которой нанесено зеркальное покрытие. Зеркальные лампы накаливания выпускаются с концентрированной (ЗК), широкой (ЗШ), и косинусной (ЗД) кривой светораспределения.

Зеркальные лампы типа ИКЗ являются высокоэффективным источником инфракрасного излучения и применяются для обогрева молодняка животных, в технологических процессах сушки продуктов, лаков, красок и других целей.

Таблица 14.3

Технические характеристики ламп накаливания типов ЗК и ИКЗ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Сила света, кд	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	D	
ЗК 125-135-200	200	2600	2500	1500	175	126	E27
ЗК 125-135-500-2	500	7100	8000	1000	267	160	E40
ЗК 215-225-300-1	300	3600	3000	1000	262		
ЗК 215-225-500	500	5000	5050	1500			
ЗК 215-225-500-1		6400	6200	1000			
ЗК 220-230-25 (R39)	25	—	180		66,5	39	E14
КЗ 220-230-25-1 (R50)					87	50	E40
ЗК 220-230-40-1 (R50)	40		350				E14
ЗК 220-230-40-2 (R63)			450		105	63,5	E27
ЗК 220-230-60-2 (R63)	60		800				
ЗК 220-230-200	200	2150	2100	1500	175	126	
ЗК 220-230-300	300	3100	2800				
ЗД 220-230-60 (R80)	60	—	200	1000	116	81	
ЗД 220-230-75 (R80)	75		280				
ЗД 220-230-100 (R80)	100		410				
ИКЗ 215-225-250-1	250	2350*	—	5000	175	134	
ИКЗ 215-225-500	500			6000	250		E40

* Цветовая температура, К

Лампа накаливания местного освещения

Лампы накаливания местного освещения типа МО предназначены для освещения рабочих мест станочного парка и другого технологического оборудования. Лампы выпускаются на рабочее напряжение 12, 24 и 36 В, что соответствуют требованиям по электробезопасности.

Таблица 14.4

Технические характеристики ламп накаливания типа МО

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Габариты, мм		Тип цоколя
				L	D	
МО 24–25	24	25	350	108	51	E27
МО 36–25	36		300			
МО 12–40	12	40	620			
МО 36–40	36		580			
МО 36–60		60	950			
МО 36–100		100	1590			

Средняя продолжительность горения — 1000 ч
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)

Лампы накаливания кварцевые галогенные типа КГ

Линейные кварцевые галогенные лампы типа КГ применяются в качестве источника света для прожекторов различного назначения, для освещения помещений производственного и культурно-спортивного назначения, для целей архитектурного и рекламного освещения и т. п. Пример обозначения: КГ220-500 — КГ — кварцево-галогенная лампа; 220 — номинальное значения напряжения питания, В; 500 — мощность лампы, Вт; дополнительная буква Д после первых двух букв означает применение в лампе дифференцированного тела накала.

Галогенные ЛН (ГЛН) по сравнению с обычными лампами имеют более стабильный по времени световой поток и, следовательно, повышенный срок службы, а также значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность, благодаря применению кварцевой колы. Малые размеры и прочная оболочка позволяют наполнить лампы до более высоких давлений ксеноном и получать на этой основе более высокую яркость и повышенную световую отдачу (либо увеличенный физический срок службы).

Таблица 14.5

Технические характеристики ламп накаливания типа КГ

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип лампы</th><th rowspan="2">Мощность, Вт</th><th rowspan="2">Световой поток, лм</th><th rowspan="2">Цветовая температура, К</th><th rowspan="2">Средняя продолжительность горения, ч</th><th colspan="2">Габариты, мм</th><th rowspan="2">Тип цоколя</th></tr>
<tr><th>L</th><th>D</th></tr>
<tr><td>КГ 220-500-1</td><td rowspan="3">500</td><td>14000</td><td>3200</td><td rowspan="3">1500</td><td>132</td><td>11</td><td rowspan="3">R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-500-5</td><td rowspan="2">9500</td><td rowspan="2">—</td><td>119</td><td rowspan="2">12</td></tr>
<tr><td>КГ 220-500-6</td><td>132</td></tr>
<tr><td rowspan="2">КГ 220-1000-3</td><td rowspan="5">1000</td><td rowspan="3">26000</td><td rowspan="3">3200</td><td rowspan="2">400</td><td rowspan="3">180</td><td rowspan="3">11</td><td>Плоск.</td></tr>
<tr><td>Мет.</td></tr>
<tr><td>КГ 220-1000-4</td><td>420</td><td>R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-1000-5</td><td rowspan="2">22000</td><td>—</td><td>2000</td><td rowspan="2">189</td><td rowspan="3">12</td><td>R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-1000-8</td><td>—</td><td>1500</td><td>R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-1500</td><td>1500</td><td>33000</td><td>—</td><td>2000</td><td>254</td><td>R7s</td></tr>
<tr><td rowspan="2">КГ 220-2000-2</td><td rowspan="5">2000</td><td rowspan="3">54900</td><td rowspan="2">3200</td><td rowspan="2">450</td><td rowspan="3">236</td><td rowspan="3">11</td><td>Плоск.</td></tr>
<tr><td>Мет.</td></tr>
<tr><td>КГ 220-2000-3</td><td>3200</td><td>450</td><td rowspan="2">R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-2000-4</td><td>44000</td><td>—</td><td>2000</td><td>335</td><td>12</td></tr>
<tr><td>КГ 220-2000-5</td><td>54900</td><td>3200</td><td>450</td><td>262</td><td>11</td><td>Спец.</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-100</td><td>100</td><td>1300</td><td rowspan="6">—</td><td rowspan="3">1500</td><td>80</td><td rowspan="6">12</td><td rowspan="6">R7s</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-150</td><td rowspan="2">150</td><td rowspan="2">2100</td><td>119</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-150-1</td><td>80</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-200</td><td>200</td><td>3200</td><td rowspan="3">2000</td><td rowspan="3">119</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-300</td><td>300</td><td>5000</td></tr>
<tr><td>КГ 220-230-500</td><td>500</td><td>9500</td></tr>
</table>

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цветовая температура, К	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
					L	*D*	
КГ 220-230-900	900	22000	—	1500	191	12	R7s
КГ 220-230-1000	1000			2000			
КГ 220-230-1300	1300	33000		1500	256		
КГ 220-230-1500	1500			2000			
КГ 220-230-1750	1750	44000		1500	337		
КГ 220-230-5000	5000	110000		3000	520	20,5	K27s/96-l
КГ 220-230-10000	10000	220000			655	27	
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)							

Таблица 14.6

Технические характеристики крупно-, средне- и малогабаритных КГ

Тип лампы	Ф, клм (*T*, цв, К)	*T*, ч	*D*, мм	*L*, мм	Тип цоколя
Для ОП внутреннего и наружного освещения и прожекторов (крупногабаритные)					
КГ220-425	6,6 (2800)	500	8	280	R7s
КГ220-500-1	14 (3200)	150	11	132	
КГ220-1000-4	27 (3200)	420		180	
КГ220-1000-5	22	2000	10,7	189	R7s или плоский металлический
КГ220-1500	33	2000		252	
КГ220-2000-3	54,9 (3200)	450	11	236	R7s
КГ220-2000-4	44	2000	10,7	335	R7s или плоский металлический
КГ220-5000	125 (3200)	2000	20	520	K27s/96/250
КГ220-230-5000	100	3000	20,5		
КГ220-10000	260 (3200)	2000	27	675	
КГ220-230-10000	220	3000			
КГ240-1000	22	2000	12	189	R7s
КГ240-1500	33			254	
КГ240-2000	44			330	
КГ240-2000-1	44	200		334	K7s/12
Для кинопрожекторов и специальных ОП (среднегабаритные)					
КГК110-2000	55	200	46	220	G38
КГК110-5000	140 (3250)	300	65	275	
КГК 110-10000	270 (3259)	200	80	410	
КГК220-2000	58 (3250)	170	47	220	
КГК220-3000	85 (3250)	220	57	265	
КГК420-5000	149 (3250)	250	68	275	
КГК420-10000	280 (3250)	270	85	400	
КГК47-500	11	100	32	140	G22
КГК47-1000	22		37	195	G38
Для проекционной аппаратуры, оптических приборов и других применений (малогабаритные)					
КГМ9-70	210**	200	11	45	Токовые вводы
КГМ12-40	0,72	130	10,5		
КГМ12-100	3	100	11	45	Токовые вводы

Тип лампы	Ф, клм (*T*, цв, К)	*T*, ч	*D*, мм	*L*, мм	Тип цоколя
КГМ24-150	5	50	12,5	45	G6, 35–15
КГМ24-250	8,5		13	55	Токовые вводы
КГМ30-300	9,1	25	14	65	1П10/20 (плоский металлический)
КГМ3 6-400	14,5	50	—	—	Токовые вводы
КГМ75-600	13,4	500	32	135	P40s/41
КГМ 110-500	13,5 (3200)	50	14	82	R7s
КГМ 110-600	13,2	500	23	135	P40s/41
КГМ 110-1000	38–10** (3300)	50	15	96	G17t
КГМ220-23 0-200	4,5	25	—	—	Токовые вводы
КГМ220-500	1,4	50	22	85	
КГМ220-650	17,3 (3200)		—	—	G22
КГМ220-23 0-650	17	100			Токовые вводы
КГМ220-750	20,2	55	25	90	
КГМ220-800-1	21,5	50	—	—	
КГМ220-1000-1	26 (3200)				R7s
КГМ220-1100-1	26	250			G22
Миниатюрные ГЛН (для бытовых светильников, специальных приборов)					
КГМН12-20-2	0,28	2000	10	31	G4
КГМН12-50-2	0,85		12	40	G6, 35–15
КГМН 12-75	1,35			50	
КГМН 12-100-3	2	2000	11		
КГМН15-15О	4Д	50	—	—	Токовые вводы
КГМН24-150-1	4,7		12	50	G6, 35-15
Другие типы ГЛН (автомобильные — АКГ, самолетные — КГСМ, для аэродромных огней — КГМ, лампы-фары — ЛФКГ, проиозвольного положения горения — КГП)					
АКГ12-55	1,55	250	9	62	P14, 5s
АКГ12-5 5-1	1,45	300	11	42	PR22s
АКП2-6-+55	1,65; 1	125, 250	15	80	P43t-38
АКГ24-70	1,9	180	9	62	P14, 5s
АКГ24-70-1	1,75	300	11	42	PK22s
АКГ24-75+75	1,9; 1,2	125; 250	15	80	P43t-38
КГСМ27-40	0,88	500	9	40	Специальный керамический
КГСМ27-85	1,87		12	51	
КГСМ27-150	3,3				
КГСМ27-200	4,4	300	18	100	1ФС-34-1
КГМ6, 6-45-1	0,77	750	14,5	70	GY9,5
КГМ6, 6-65-1	1,56	300	14,5	70	
КГМ6, 6-100-1	2	700	10,7	64	
КГМ6, 6-200-1	4,4	500	14	64	
КГМН110-1000	1700**		33,5	102	Токовые вводы
ЛФКГ 110-500	35000**	50	116	70	Специальный

* Габаритная яркость, кд/м^2
** Сила света, кд
Примечания: Выпускаю также лампы на напряжение 110 В мощностью 500, 1000, 2000 и 10000 Вт; КГ220-360 и КГ220-1000 исполнений 3 и 6, КГ220-2000 исполнений 2 и 5; *T* — продолжительность горения ламп

Лампы накаливания OSRAM для внутреннего освещения (компания «Терна Светотехника»)

Таблица 14.7

Технические характеристики ламп накаливания OSRAM

Тип лампы		Мощ-ность, Вт	Световой поток, лм	Диа-метр, мм	Длина макс., мм	Тип цоколя
CLASSIC A		Стандартные				
(Матированные внутри)	(Прозрачные)					
Clas A RF 60	Clas A CL 60	60	720	60/55	105	E27
Clas A FR 75	Clas A CL 60	75	940			
Clas A FR 100	Clas A CL 100	100	1360			
CLASSIC B		Свечеобразные				
Матированные внутри	Прозрачные					
Clas B FR 40	Clas B CL 40	40	400	35	100	E14
Clas B FR 60	Clas B Cl 60	60	660			
SUPERLUX KRYPTON		Криптоновые грибовидные				
Super E SIL 60		60	780	50	88	E27
Super E SIL 75		75	1055	60	105	
SUPERLUX KRYPTON		Свечеобразная				
Свечеобразная	Хрустальная					
Super B SIL 40	Super BW SIL 40	40	440	35	100	E14
Super B SIL 60	Super BW SIL 60	60	720		110	
BELALUX SOFT		Белые				
Bella T60 SIL 40		40	370	60	105	E27
Bella T60 SIL 60		60	630			
Bella T60 SIL 100		100	1200			
Concentra Spot		Зеркальные				
CONC R39 30		30		39	67,5	E14
CONC R50 40		40		50	86,5	
CONC R63 60		60		63	105	E27
CONC R80 100		100		80	116	
Special Linestra		Линейные				
SPC. LIN 1603		35	270	30	300	S14s (2 цоколя)
SPC. LIN 1604		60	420		500	
SPC. LIN 1613		35	240		300	S14d (1 цоколь)
SPC. LIN 1614		60	420		500	

Таблица 14.8

Технические характеристики галогенных ламп накаливания сетевого напряжения OSRAM

Тип лампы		Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средний срок службы, ч	Диаметр, мм	Длина макс., мм	Тип цоколя
HALOPIN							
Матовые	Прозрачные						
66640AM	66640	40	460–490	1500	14	51	G9
66660AM	66660	60	780–820	2000		54	
66675AM	66675	75	1050–1100				
HALOLONE							
64690		100	1650	—	—	74,9	R7s
64695		150	2600				
64696			2200			114,2	
64701		300	5000				
64702			9500				

Таблица 14.9

Технические характеристики галогенных ламп накаливания низковольтных OSRAM

Тип лампы	Мощность, Вт	$U_{ном}$, В	Световой поток, лм	Средний срок службы, ч	Диаметр, мм	Длина макс., мм	Тип цоколя
HALOSTAR STARLITE							
64415S	10	12	130	4000	9,5	33	G4
64425S	020		320				
64432S	35		600		12	44	GY6,35
64440S	50		930				
HALOSPOT 111 с алюминиевым отражателем							
41835 SP	50	12	8*	3000	111	57	G53
41835 FL			24*			58	
41840 SP	75		8*			57	
OSRAM DECOSTAR 51S с защитным декоративным стеклом							
44860WFL	20	12	38*	2000	51	45	GU 5,3
44865WFL	35						
* Угол излучения							

Области применения ламп накаливания OSRAM

1. Стандартные лампы накаливания.

Отличаются универсальностью применения. Они используются там, где к освещению не предъявляется особых требований. Лампа с матированной изнутри колбой снижает эффект ослепления и не создает резких теней. Лампа с прозрачной колбой излучает яркий кра-

сивый свет. Свечеобразные лампа — незаменимые источники света для многих декоративных светильников.

2. Лампы накаливания серии KPYPTON.

Благодаря заполнению колбы криптоном излучают, по сравнению со стандартными лампами накаливания, на 10 % больше света. Специальное покрытие колбы обеспечивает равномерно белый, неслепящий свет. Идеальные источники света для просторных интерьеров.

3. Лампы накаливания серии SOFT.

Являются лучшими источниками света для оформления жилых помещений.

4. Лампы накаливания серии CONCENTRA.

С концентрированным светом для акцентирующего освещения помещений и больших площадей. Область применения: витрины, торговые залы, вестибюли, пассажи, жилые помещения, подсветка объектов. Лампы с колбами из цветного стекла, не содержащие кадмия, применяются в дискотеках, в клубах, витринах.

5. Лампы-трубки LINESTRA.

Излучают мягкий неслепящий свет. Область применения: подсветка зеркал в ванных комнатах, гардеробах и в стенных шкафах.

6. Галогенные лампы сетевого напряжения.

отличаются повышенной на 15% световой отдачей, сроком службы (2000 ч), возможностью использования в системах освещения со светорегуляторами. Применение: световое оформление для телевидения, шоу, мюзиклов, концертов, спортивных соревнований; освещение на дискотеках, в театре.

7. Низковольтные галогенные лампы с алюминиевым отражателем.

Обладают равномерным распределением света благодаря фацетированному отражателю, уменьшением эффекта выцветания до 80 %, возможностью работы в открытых светильниках без защитных стекол. Даже при ярком световом окружении лампы обеспечат высококачественную подсветку выставленным в витринах товарам. Могут устанавливаться в открытые светильники в помещениях с высокими потолками.

8. Низковольтные галогенные лампы DECOSTAR.

Могут эксплуатироваться в открытых светильниках. Прозрачное защитное стекло лампы защищает покрытие отражателя от пыли, влаги и от прикосновений. Защитное стекло лампы не допускает вредного воздействия ультрафиолетового излучения на освещаемые объекты.

14.3. Лампы люминесцентные

Люминесцентные лампы делятся на две группы: общего и специального назначения. Лампы общего назначения предназначены для целей освещения. Лампы специального назначения имеют специальные эксплуатационные свойства, обусловленные конструкцией, спектром излучения и т. д.

Люминесцентные лампы эксплуатируются в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 220 В, с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой, обеспечивающей зажигание лампы, нормальный режим работы и устранение радиопомех.

В обозначении лампы буквы и цифры означают: первая буква — Л — люминесцентная; следующие одна или две буквы — цвет излучения: Б — белый; ТБ — тепло-белый; Д — дневной; буква Ц после обозначения цвета означает высокое (де люкс) качество цветопередачи; следующие одна или две буквы обозначают конструктивные особенности: УТ — универсальная транспортная; цифры, стоящие после букв, обозначают мощность лампы, Вт.

Таблица 14.10

Технические характеристики люминесцентных ламп типов ЛБ, ЛД, ЛБУТ

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип лампы</th><th rowspan="2">Мощность, Вт</th><th rowspan="2">Световой поток, лм</th><th rowspan="2">Средняя продолжительность горения, ч</th><th colspan="2">Габариты, мм</th><th rowspan="2">Тип цоколя</th></tr>
<tr><th>L</th><th>D</th></tr>
<tr><td>ЛБ4-7</td><td>4</td><td>120</td><td>6000</td><td>150,1</td><td rowspan="4">16</td><td rowspan="4">G5</td></tr>
<tr><td>ЛБ6-7</td><td>6</td><td>240</td><td rowspan="3">7500</td><td>226,3</td></tr>
<tr><td>ЛБ8-7</td><td>8</td><td>350</td><td>302,5</td></tr>
<tr><td>ЛБ 13-7</td><td>13</td><td>770</td><td>531,1</td></tr>
<tr><td>ЛБ 20-2</td><td rowspan="2">20</td><td>1060</td><td rowspan="6">10000</td><td rowspan="2">604</td><td rowspan="2">32</td><td rowspan="10">G13</td></tr>
<tr><td>ЛД20-2</td><td>880</td></tr>
<tr><td>ЛБ40</td><td rowspan="4">40</td><td rowspan="2">3000</td><td rowspan="4">1213,6</td><td>38,5</td></tr>
<tr><td>ЛБ 40-2</td><td>32</td></tr>
<tr><td>ЛД40</td><td>2300</td><td>38,5</td></tr>
<tr><td>ЛД 40-2</td><td>2300</td><td>32</td></tr>
<tr><td>ЛБ 80-7</td><td rowspan="2">80</td><td>5200</td><td rowspan="2">12000</td><td rowspan="2">1514,2</td><td rowspan="2">40,5</td></tr>
<tr><td>ЛД 80-7</td><td>4250</td></tr>
<tr><td>ЛБУТ 20-2</td><td>20</td><td>1060</td><td rowspan="2">10000</td><td>604</td><td rowspan="2">32</td></tr>
<tr><td>ЛБУТ 40-2</td><td>40</td><td>2800</td><td>1213,6</td></tr>
<tr><td colspan="7">Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)</td></tr>
</table>

Лампы люминесцентные компактные

Компактные люминесцентные лампы являются современными энергоэкономичными источниками света, используются в светильниках местного, общего, и декоративного освещения жилых и административных помещений. Лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой (ПРА). Лампы типа КЛ имеют встроенный в цоколь стартер и эксплуатируются с электромагнитными ПРА. Компактные люминесцентные лампы типа КЛУ предназначены для работы как с электромагнитными, так и с электронными ПРА. Лампы типа КЛЭ имеют встроенный в цокольную часть лампы электронный ПРА, стандартный цоколь Е14 или Е27 и предназначены для прямой замены ламп накаливания.

Эти лампы получают широкое распространение, что позволяет значительно улучшить экономические показатели световых приборов и снизить их материалоемкость.

Таблица 14.11

Технические характеристики компактные люминесцентных ламп типов КЛ, КЛС

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Размеры, мм, не более		Продолжительность горения, тыс. ч	Световой поток, лм	Масса, г	Тип цоколя
				L	*D*				
КЛ7/ТБЦЦ	7	45	0,18	135	28	5	400	40	G23
КЛ9/ТБЦЦ	9	60	0,17	167			600	45	
КЛ11/ТБЦЦ	11	90	0,155	235			900	55	
КЛС9/ТБЦ	9	220	0,093	150	85		425	470	E27
КЛС13/ТБЦ	13		0,125	160			600		
КЛС18/ТБЦ	18		0,18	170			900	520	
КЛС25/ТБЦ	25		0,27	180			1200	600	

Таблица 14.12

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп типов КЛ, КЛУ, КЛЭ

Тип лампы	Напряжение на лампе, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	$T_{цв}$, К	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты		Тип цоколя
						L	D	
КЛ7/ТБЦ; ТБЦ-1	45	7	400	2700	8000	135	13	G23
КЛУ7/ТБЦ; ТБЦ-1								2G7
КЛ9/ТБЦ; ТБЦ-1	60	9	600			167		G23

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип лампы</th><th rowspan="2">Напряжение на лампе, В</th><th rowspan="2">Мощность, Вт</th><th rowspan="2">Световой поток, лм</th><th rowspan="2">$T_{цв}$, К</th><th rowspan="2">Средняя продолжительность горения, ч</th><th colspan="2">Габариты</th><th rowspan="2">Тип цоколя</th></tr>
<tr><th>L</th><th>D</th></tr>
<tr><td>КЛУ9/ТБЦ; ТБЦ-1</td><td>60</td><td>9</td><td>600</td><td rowspan="3">2700</td><td rowspan="8">8000</td><td>167</td><td rowspan="3">13</td><td>2G7</td></tr>
<tr><td>КЛ11/ТБЦ; ТБЦ-1</td><td rowspan="2">90</td><td rowspan="3">11</td><td rowspan="2">900</td><td rowspan="2">235</td><td>G23</td></tr>
<tr><td>КЛУ 11/ТБЦ-1</td><td>2G7</td></tr>
<tr><td>КЛЭ 11-4</td><td rowspan="5">220*</td><td>600**</td><td rowspan="5">3500</td><td>143</td><td rowspan="3">42</td><td rowspan="5">E27</td></tr>
<tr><td>КЛЭ 15-4</td><td>15</td><td>900**</td><td>180</td></tr>
<tr><td>КЛЭ 20-4</td><td>20</td><td>1200*</td><td>200</td></tr>
<tr><td>КЛЭ 20-6</td><td>20</td><td>1200**</td><td>157</td><td rowspan="2">52</td></tr>
<tr><td>КЛЭ 23-6</td><td>23</td><td>1500**</td><td>176</td></tr>
<tr><td colspan="9">* Значение номинального напряжения сети
** После 100 ч горения
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)</td></tr>
</table>

Другой разновидностью компактных люминесцентных ламп являются двухдуговые КЛЛ (2U) типа «Космос». Они имеют следующие преимущества: экономия электроэнергии до 80 %; срок службы в 8–12 раз больше, чем у ламп накаливания; встроенный пуско-регулирующий аппарат (ПРА) позволяет непосредственно включать лампу в сеть; могут работать при температуре от 20 до +40°C; не вызывают слепящего действия, поскольку свечение небольшой яркости равномерно распределено по колбе; отсутствуют видимые пульсации светового потока; высокий уровень цветопередачи (R_a = 82).

Таблица 14.13

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп типа «Космос»

<table>
<tr><th>Модель лампы</th><th>Мощность, Вт</th><th>Напряжение, В/Гц</th><th>Цветовая температура, К</th><th>Световой потолок, лм</th><th>Тип цоколя</th><th>Средний срок службы, ч</th><th>L, мм</th><th>D, мм</th></tr>
<tr><td>2U 9 E1427</td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="11">220–240/50–60</td><td rowspan="4">2700</td><td rowspan="5">600</td><td>E14</td><td rowspan="11">8000</td><td rowspan="2">140</td><td rowspan="11">26</td></tr>
<tr><td>2U 9 E2727</td><td>E27</td></tr>
<tr><td>2U 11 E1427</td><td rowspan="3">11</td><td>E14</td><td rowspan="3">150</td></tr>
<tr><td>2U 11 E2727</td><td rowspan="2">E27</td></tr>
<tr><td>2U 11 E2742</td><td>4200</td></tr>
<tr><td>2U 13 E1427</td><td rowspan="3">13</td><td rowspan="2">2700</td><td rowspan="3">750</td><td>E14</td><td rowspan="3">160</td></tr>
<tr><td>2U 13 E2727</td><td rowspan="2">E27</td></tr>
<tr><td>2U 13 E2742</td><td>4200</td></tr>
<tr><td>2U 15 E1427</td><td rowspan="3">15</td><td rowspan="2">2700</td><td rowspan="3">850</td><td>E14</td><td rowspan="3">175</td></tr>
<tr><td>2U 15 E2727</td><td rowspan="2">E27</td></tr>
<tr><td>2U 15 E2742</td><td>4200</td></tr>
</table>

Источники света (люминесцентные лампы) для общего освещения OSRAM

Таблица 14.14

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп типа OSRAM

Тип лампы	Мощность, Вт	$U_{ном}$, В	Световой поток, лм	Диаметр, мм	Длина макс., мм	Тип цоколя
DULUX EL LL 15W/41-827 E27	15	220–240	900	52	140	E27
DULUX EL LL 20W/41-827 E27	20		1200		153	
DULUX EL LL 23W/41-827 E27	23		1500	58	173	
Для работы с электромагнитным ПРА						
DULUX S 13W	13	—	900	—	138	G24d-1
DULUX D 18W	18		1200		153	G24d-2
DULUX S 9W	9		600		167	G23
DULUX S 11W	11		850		237	

Таблица 14.15

Технические характеристики люминесцентных ламп OSRAM

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Диаметр, мм	Длина, макс., мм
L 18W/21	18	1350	26	590
L 36W/21	36	3350	26	1200
L 18W/20	18	1150	26	590
L 36W/20	36	2850	26	1200

Области применения люминесцентных ламп OSRAM

1. Компактные люминесцентные лампы.

Идеально подходят для экономичной работы в системах непрерывного освещения. 12-летний срок службы (при работе около 3 часов в день), большая светоотдача — экономия затрат на электроэнергию до 80%, отличная цветопередача и распределение света. Применение: кафе, рестораны, гостиницы, фойе, кассовые залы, вестибюли, лечебные учреждения, служебные помещения, жилые помещения там, где предъявляются повышенные требования к сроку службы и к коммутационной прочности ламп.

2. Люминесцентные лампы.

Со стабильным световым потоком, с небольшим содержанием ртути, достаточным для всех режимов работы. Эти лампы предназначены для работы как с электромагнитными ПРА и стартерами, так и с электронными ПРА. Подходят для музеев, офисов, выставочных за-

лов, павильонов, дизайнерских и художественных студий, магазинов, витрин.

3. Компактные флуоресцентные лампы (энергосберегающие) серии VITOONE компании IRENA.

Для правильного различения цветов и цветовых предметов источники света должны покрывать весь воспринимаемый человеческим глазом спектр электромагнитных излучений (от фиолетового до красного). К таким источникам света относятся: свет, излучаемый лампами накаливания и флуоресцентными лампами.

Компактные флуоресцентные лампы (энергосберегающие) — это газоразрядные лампы низкого давления, в которых УФ-излучение, образующееся при столкновении атомов ртути и электронов, излучаемых электродами ламп, с помощью фосфора преобразуется в видимое излучение, то есть свет. Этим лампам в отличие от обычных флуоресцентных ламп не требуются пусковое устройство и балласт, их можно подключать непосредственно к сети.

Общая характеристика и преимуещства КФЛ:

- световая отдача 50–100 лм/Вт;
- жизненный цикл 400–15000 ч;
- просты в использовании;
- малое влияние перепадов напряжения;
- малое выделение тепла;
- не излучают вредные магнитостатические волны;
- не оказывают вредного воздействия на окружающую среду;
- экономят до 70% средств, затрачиваемых на оплату электроэнергии.

Ниже приведено количество сэкономленной электроэнергии за год ΔЭ при использовании КФЛ и ЛН при одинаковой светоотдаче.

ЛН (Вт)	КФЛ (Вт)	ΔЭ (кВт · ч)
60	15	180
75	20	220
100	25	300

Компания IRENA производит следующие типы КФЛ: от 2U до 4U, мощностью от 9 Вт до 85 Вт, со световым потоком от 400 лм до 5000 лм, со средним сроком службы от 6000 ч до 8000 ч, с показателем цветопередачи $R_a = 80$, с $\cos\varphi = 0,5$, с цветовой температурой: 6400 K; 4200 K; 2700 K, с рабочим напряжением 220–240 В/50–60 Гц, с типом цоколя E27.

Выбор средств освещения в зависимости от светоотдачи

Светоотдача — это отношение светового потока к потребляемой мощности (лм/Вт).

4. Лампы (лм/Вт):

накаливания 10–15
галогеновая 15–25
ртутная высокого давления 35–60
энергосберегающая компактная 50–90
флюоресцентная 60–95
металлогалогенная 65–120
натриевая высокого давления 80–150
натриевая низкого давления 100–200

Сверхминиатюрные лампы накаливания типов СМН и АСМН (ООО «ЛИСМА-Темников»)

Лампы накаливания сверхминиатюрные типа СМН используются в качестве индикаторов, сигнальных и осветительных элементов в радио и электронной технике и медицине. Автомобильные сверхминиатюрные лампы накаливания типа АСМН применяются в осветительном и светосигнальном оборудовании для дорожных транспортных средств.

Таблица 14.16

Технические характеристики сверхминиатюрных ЛН типов СМН, АСМН

Тип ламп	Напряжение, В	Ток, мА	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Сред. продолж. горения, ч	Габариты, мм		Тип цоколя
						L	*D*	
СМН 6,3-20	6,3	20	—	0,26	600	9,0	3,2	Спец.
СМН 6,3-20-2						27,0		Б\ц
СМН 9-60	9,0	55		1,40	625	9,0		Спец.
СМН 9-60-2						27,0		Б/ц
СМН 10-55	10	50		1,0	1500	9,0		Спец.
СМН 10-55-2						27,0		Б/ц
СМН 2,3-250	2,3	250		4,5	4	10,0		Спец.
СМН 2,3-250-1						30,0		Б/ц
АСМНи 12-0,55	12	—	0,55	0,6	2000	9,0		Спец.
АСМН 12-0,55-1						27,0		Б/ц

Сравнение ламп накаливания (ЛН) с компактными люминесцентными лампами (КЛЛ)

ЛН		КЛЛ		Отношение световой отдачи КЛЛ к световой отдаче ЛН, отн. ед.
Мощность, Вт	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Световой поток, лм	
25	200	5	200	4,3
40	420	7	400	5,3
60	710	11	600	4,5
75	940	15	900	4,7
100	1360	20	1200	4,3
2×60	1460	23	1500	5,4

14.4. Лампы разрядные ртутные высокого давления

Принцип действия этих ламп основан на преобразовании УФ-излучения ртутных разряда высокого давления, составляющего около 40 % всего потока излучения, при помощи люминофора в недостающее излучение в красной области спектра.

При освещении РЛВД без люминофора возникает сильное искажение цвета предметов, особенно человеческой кожи, что объясняется отсутствием излучения в оранжево-красной части спектра.

Дуговые ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ используются для освещения улиц, открытых пространств, производственных площадей, где не предъявляется высоких требований к цветопередаче и характеризуются высокой световой отдачей и большой продолжительностью горения.

Лампы ДРЛФ 400-1 имеют повышенную долю излучения в красной области спектра, рефлекторный отражающий слой на внутренней поверхности колбы и предназначены для использования в облучательных установках при выращивании растений в теплично-парниковых хозяйствах, оражереях, фитотронах.

Лампы ДРЛ, ДРЛФ эксплуатируются в сетях переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующими пускорегулирующими аппаратами (ПРА).

Дуговые ртутные лампы высокого давления типа ДРВ эксплуатируются без пускорегулирующих аппаратов и используются для прямой замены ламп накаливания. Основное назначение ламп ДРВ160, ДРВ250, ДРВ500, ДВР750-1 — освещение парковых зон, отрытых пространств.

Лампа ДРВ 750 предназначена для дополнительного облучения растений в теплично-парниковых хозяйствах.

Таблица 14.17

Технические характеристики ртутных ламп типа ДРЛ

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, клм	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ50(15)	50	95	0,61	1,9	56	130	E27/27	10
ДРЛ80(6)				3,3			E27/30	
ДРЛ80(10)	80	115	0,80	3,6	73	160		12
ДРЛ80(15)							E27/27	
ДРЛ125(6)				5,9		184	E27/30	
ДРЛ125(10)	125	125	1,15	6,3	78			
ДРЛ125(15)						176	E27/27	
ДРЛ250(6)-4				13,0				
ДРЛ250(10)-4	250	130	2,15	13,5	91	227	E40/45	
ДРЛ250(14)-4								
ДРЛ400(6)-4				23,5				
ДРЛ400(10)-4	400	135	3,25	24,0	122	292		15
ДРЛ400(12)-4								
ДРЛ700(6)-3				40,6				
ДРЛ700(10)-3	700	140	5,40	41,0	152	368	E40/45	20
ДРЛ700(12)-3								
ДРЛ1000(6)-3				58,0				
ДРЛ1000(10)-3	1000	145	7,5	59,0	178	400		18
ДРЛ1000(12)-3								
ДРЛ2000	2000	270	8,0	120,0	187	445	E40/55 S 47	6

Таблица 14.18

Технические характеристики ртутных ламп типов ДРЛ, ДРЛФ, ДРВ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, мм	Фитопоток, мфт	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты		Тип цоколя
					L	*D*	
ДРЛ 125(8)-1	125	6000	—	12000	178	76	E27
ДРЛ 250 (8)-1	250	13200			228	91	E40
ДРЛ 250 (8)-ПН							
ДРЛ 400 (8)-1	400	23700		15000	292	122	
ДРЛ 700 (8)	700	40800		20000	357	152	
ДРЛ 1000 (8)-1	1000	58500		18000	411	167	
ДРЛФ 400-1	400	20000	18000	7000	350	152	
ДРВ 160-1	160	2500		3000	178	76	E27
ДРВ 250	250	4600			228	91	E40
ДРВ 500	500	12250			292	122	
ДРВ 750	750	22000	22000	2500	368	152	
ДРВ 750-1				3000	357		
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)							

Лампы разрядные высокого давления металлогалогенные типа ДРИ для общего освещения

Металлогалогенные лампы (МГЛ) отличаются от ламп ДРЛ широкими возможностями варьирования спектральным распределением излучения — от практически однородного до непрерывного — при высоком КПД и высокой удельной мощности. Устройство и принцип действия МГЛ основан на том, что галогениды многих металлов испаряются легче, чем сами металлы, и не разрушают кварцевое стекло. Поэтому внутрь колб МГЛ кроме ртути и аргона, как и РЛВД, дополнительно вводятся различные химические элементы, в виде их галогидных соединений (т. е. соединений с йодом, бромом, хлором). После зажигания лампы галогениды частично переходят в парообразное состояние. Дополнительно вводятся в разряд щелочные (натрий, литий, цезий) и другие агрессивные металлы (например, кадмий, цинк), которые в чистом виде быстро разрушают кварцевое стекло при температурах выше 300–400°С, а в виде галогенидов не вызывает такого резкого разрушения.

Вследствие более высокого рабочей температуры горелки и протекания различных химических реакций с участием галогенидов срок службы МГЛ меньше, чем у РЛВД, однако цвет излучения можно получить разный, в том числе с улучшенной цветопередачей.

Металлогалогенные лампы для общего освещения типа ДРИ обозначаются: Д — дуговая, Р — ртутная, И — излучающими добавками, число — номинальная мощность в ваттах, цифры после дефиса —

номер разработки или модификации. Лампы ДРИ конструктивно подобны лампам ДРЛ. В качестве внешней колбы применяется стандартная колба ламп типа ДРЛ, но без люминофорного покрытия или специальная колба цилиндрической формы.

Лампы разрядные металлогалогенные типы ДРИ с индексами 5 и 6 предназначены для освещения открытых пространств, промышленных помещений, обеспечивают достаточно высокое качество цветопередачи (R_a = 65). Лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 и 380 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой и импульсным зажигающим устройством.

Таблица 14.19

Технические характеристики металлогалогенных ламп типа ДРИ общего назначения

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	D, мм	Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Тип цоколя
С добавками иодидов натрия и скандия, $T_{цв} = 4200^{+400}_{-800}$ K; R_a = 600 ÷ 65									
ДРИ125	125	110	1,3	8,3	3	46	170	—	E27/27
ДРИ175	175		1,8	12	4	46	211		
ДРИ250-5	250		2,15	19	10	91			
ДРИ250-6					3	60	227	142 ± 5	
ДРИ400-5				35	10	122			E40/45
ДРИ400-6	400	130	3,3	32	3	62	290	185 ± 5	
ДРИ700-5	700		6,0	60	9	152	370	240 ± 5	
ДРИ700-6				56	3	80	350	220 ± 5	E40/65 S 50БМ
ДРИ1000-5	1000		4,7	90	9	176	390	245 ± 5	E40/45
ДРИ1000-6		230			3	80	350	220 ± 5	
ДРИ2000-6	2000		9,2	200	2	100	430	255 ± 5	E40/65 S 50БМ
ДРИ3500-6	3500		16	350	1,5				
ДМЗ-3000	3000	105	15/21	240		190	470	—	Специальный
ДРИЗ125	125		1,3	4,5					
ДРИЗ125-1		110		4,7		140	200		E27/30
ДРИЗ-175	175		1,8	5,8	2,5				
ДРИЗ-175-1				6,2					
ДРИЗ-250				13,7		168	280		
ДРИЗ250-1	250		2,15	12,0		165	290		
ДРИЗ250-2				13,7			280		E40/45
ДРИЗ400-1	400	130	3,3	24,0	7,5	225	355		E40/65 S 50
ДРИЗ400-2						179	290		E40/45
ДРИЗ400-3						183	325		

Окончание таблицы 14.19

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	*D*, мм	Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Тип цоколя
ДРИЗ700-1	7000	130	6,0	45,0	5,0	253	355	—	E40/65 S 50
ДРИЗ700-2					7,5	225			
ДРИЗ700-3									
С добавками иодидов натрия, таллия, индия, $T_{цв}$ – 5000 ± 500 К и R_a = 55 ÷ 60									
ДРИ250	250	125	2,15	18,7	3	91	227	—	E40/45
ДРИ400	400	130	3,4	34,0	6				
ДРИ700	700	120	6,5	59,5	5	122	300		E40/55 S 47

Таблица 14.20

Технические характеристики металлогалогенных ламп типа ДРИ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	$T_{цв}$, К	R_a	Средняя продолжительность горения, ч	Габариты, мм			Тип цоколя
						L	D	H	
ДРИ 250-5	250	19500	4200	65	10000	227	91	142	E40
ДРИ 250-6					3000		62		
ДРИ 400-5	400	36000			10000	290	122	185	
ДРИ 400-6		33000			3000		62		
ДРИ 700-5	700	60000			90000	370	152	240	
ДРИ 700-6		56000			3000	345	80	220	
ДРИ 1000-5	1000	103000			9000	390	176	245	
ДРИ 1000-6					3000	345	80	220	
ДРИ 2000-6	2000	200000			2000	430	100	255	
ДРИ 3500-6	3500	350000			1500				
H — Высота светового центра									

Металлогалогенные разрядные лампы высокого давления типа ДРИ с индексом 1М характеризуются высоким качеством цветопередачи, высокой световой отдачей и используются для освещения открытых и закрытых спортивных сооружений, площадей, производственных помещений, кино- и телесъемочных площадок.

Технические данные металлогалогенных ламп типа ДРИ-1М

Тип лампы	ДРИ 400-1М	ДРИ 1000-1М	ДРИ 2000-1М	ДРИ 3000-1М
Мощность, Вт	360	1000	2000	3500
Световой поток, лм	25200	80000	170000	300000
Качество цветопередачи, R_a	75	75	80	85
Средняя продолжительность горения, ч	1100	1100	900	650

Тип лампы	ДРИ 400-1М	ДРИ 1000-1М	ДРИ 2000-1М	ДРИ 3000-1М
Габариты, L, D, H, мм	300, 62, 175	405, 80, 220	485, 100, 260	485, 100, 250
Тип цоколя	E40			
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)				

Натриевые лампы высокого давления

Натриевые лампы высокого давления типа ДНаТ являются наиболее экономичными из всех существующих источников света и широко применяются для освещения улиц, автотрасс, площадей, промышленных территорий и других открытых пространств, где не предъявляется высоких требований к качеству цветопередачи. лампы включают в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой.

Благодаря желтому монохроматическому свету, обеспечивающему хорошую видимость и разрешающую способность глаза при низких уровнях освещенности и хорошее прохождение излучения в тумане, НЛНД находят применение в светосигнальных установках. Для общего освещения эти лампы не применяются. Время разгорания НЛНД 10–15 минут, для зажигания их необходимо напряжение 45–500 В. В НЛВД перспектив особенно для наружного освещения улиц, площадей, скоростных магистралей, больших открытых пространств (стадионов и т. д.). Несмотря на то, что цена НЛВД в несколько раз выше цены РЛВД и МГЛ, их применение дает значительную экономию капитальных и эксплуатационных расходов как для проектируемых, так и для реконструируемых осветительных установок.

Таблица 14.21

Технические характеристики натриевых ламп типа ДНаТ

Тип лампы	Электрические характеристики				Световые характеристики		Срок службы, тыс. ч	Внешняя колба		Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Разрядная трубка		Тип цоколя
	мощность, Вт	напряжение сети, В	напряжение на лампе, В	рабочий ток, А	начальный световой поток, клм	осевая яркость, кд/см^2		форма*	D, мм			внешний диаметр, мм	длина светящейся части, мм	
ДНаТ50	50	220	85	0,76	4	—	6	ц	42	170	110	5,4	29	E27
								эл	72	156	105			
ДНаТ70	70		90	1,0	6		10	ц	42	170	110	5,7	35	
								эл	72	156	105			
								ц						

Тип лампы	Электрические характеристики: мощность, Вт	напряжение сети, В	напряжение на лампе, В	рабочий ток, А	Световые характеристики: начальный световой поток, клм	осевая яркость, кд/см²	Срок службы, тыс. ч	Внешняя колба: форма*	*D*, мм	Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Разрядная трубка: внешний диаметр, мм	длина светящейся части, мм	Тип цоколя
ДНаТ100	100	220	100	1,2	10	—	10	эл	42	165	126	5,8	45	E27
								ц	48	—	110			
										190				
ДНаТ150	150			1,8	15		15	эл	76	170	135	6,3	61	E40
									48	220	147		46	
ДНаТ250	250			3,1	26	400	20	ц	91	227	—	7,0	67	
										250				
ДНаТ400	400			4,6	50	700			48	278		8,9	88	

* ц — цилиндрическая; эл — эллипсоидная, по форме аналогична внешней колбе ламп типа ДРЛ

Таблица 14.22

Технические характеристики натриевых ламп типов ДНаТ, ДНаМТ, ДНаЗ

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения,	Габариты, мм: *L*	*D*	Тип цоколя
ДНаТБР70	70	4200/4500*	5000	143	30	E27
ДНаТБР100	100	6800/7000*		165	36	
ДНаТ 100		10500	16000	211	48	E40
ДНаТ 150	150	15000				
ДНаТ 250	250	28000	20000	250		
ДНаТ 400	400	48000		278		
ДНаТ 1000	1000	130000	16000	390	66	
ДНаМТ 220	220	19000	12000	227	91	
ДНаМТ 350	350	33000		292	122	
ДНаЗ 100	100	9800	16000	250	96	EX40/46
ДНаЗ 150	150	14000				
ДНаЗ 250	250	26000	20000	320	122	EX40/60×47
ДНаЗ 400	400	46000				
ДНаЗ 600	600	86000				

* После 100 часов горения
Производитель: ОАО «Лисма» (Мордовия)

Таблица 14.23

Основные характеристики источников света

Тип источника света	Средний срок службы, ч	Индекс цветопередачи, R_a	Световая отдача, лм/Вт	Световая энергия, вырабатываемая за срок службы (на 1 усл. Вт)	
				Млм×ч	Относ. ед.
Лампы накаливания общего назначения (ЛН)	1000	100	8–17	0,0013	1
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	10000–12000	92–57	48–80	0,900	69
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	12000–20000	40	50–54	0,632	48
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	10000–12000	25	85–120	0,960	94
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	3000–10000	65	66–90	0,780	60

14.5. Светильники

Светильники предназначены для перераспределения светового потока ИС в пространстве внутри больших телесных углов и для ограничения блесткости ИС. Светильники классифицируют в соответствии с долей светового потока, посылаемого в нижнюю и верхнюю полусферы на 5 классов.

Таблица 14.24

Класса светильников

Обозначение класса светильников	Наименование класса светильников	Доля светового потока, направленного в нижнюю полусферу, от всего потока светильника
П	Светильники прямого света	$\frac{Ф_0}{Ф_{св}} > 80$
Н	Светильники преимущественно прямого света	$60 < \frac{Ф_0}{Ф_{св}} \leq 80$
Р	Светильники рассеянного света	$40 < \frac{Ф_0}{Ф_{св}} \leq 60$
В	Светильники преимущественно отраженного света	$20 < \frac{Ф_0}{Ф_{св}} \leq 40$
О	Светильники отраженного света	$\frac{Ф_0}{Ф_{св}} \leq 20$

Светораспределение — важнейшая светотехническая характеристика светильника, определяющая распределение его светового потока в пространстве, окружающем светильник.

Таблица 14.25

Типы кривых силы света светильников

Обозначение типа кривых силы света	Наименование типа кривых силы света	Зона направлений максимальной силы света, град.
К	Концентрированная	0–15
Г	Глубокая	0–30; 180–150
Д	Косинусная	0–35; 180–145
Л	Полуширокая	33–55; 145–125
Ш	Широкая	55–85; 125–95
М	Равномерная	0–90; 180–90
С	Синусная	70–90; 110–90

Светильники промышленные(ОАО «Лисма-КЭТЗ»)

Светильники типов РСП, ССП, ЖСП и ГСП, указанные ниже, применяют для освещения помещений с высокими пролетами, для освещения производственных помещений с повышенной запыленностью и влажностью, для освещения и облучения в сельском (фермерском) хозяйстве, для освещения крытых спортивных сооружений.

РСП26-125-001.У5	ССП04-400-002.УХЛ3
РСП30-250-004.УХЛ4	ССП04-700-001.УХЛ3
РСП30-400-006.УХЛ4	ССП04-700-002.УХЛ3
РСП46-250-001.У2	ССП10-250-002.У5
РСП46-400-001.У2	ЖСП50-150-001.УХЛ3
РСП44-700-001.У2	ЖСП50-250-001.УХЛ3
РСП44-1000-001.У2	ЖСП50-400-001.УХЛ3
ССП04-250-001.УХЛ3	ГСП30-250-003.УХЛ4
ССП04-250-002.УХЛ3	ГСП30-400-005.УХЛ4
ССП04-400-001.УХЛ3	ГСП30-400-007.УХЛ4

Таблица 14.26

Технические параметры светильников типа РСП

Параметры	РСП26-125-001	РСП30-250-004	РСП30-400-006	РСП46-250-001	РСП46-400-001
Номинальная частота, Гц	50				
Напряжение, В	220				
Коэффициент мощности, не менее	0,53				
Тип лампы	ДРЛ-125	ДРЛ-250	ДРЛ-400	ДРЛ-250	ДРЛ-400
Номинальная мощность лампы, Вт	125	250	400	250	400
КПД, %, не менее	—	55		70	
Тип кривой силы света	Д				
Степень защиты	IP23				
Климатическое исполнение	У5	УХЛ4		У2	
Габаритные размеры, мм	193×350	425×335×332	505×335×332	427×245×270	435×335×200
Масса, кг, не более	4	1,95*	2,05*	1,8*	1,4*
* Масса осветительной аппаратуры					

Таблица 14.27

Технические параметры светильников типов РСП и ССП

Параметры	РСП44-700-001	РСП44-1000-001	ССП04-250-001	ССП04-250-002	ССП04-400-001
Номинальная частота, Гц	50				
Напряжение, В	220		380		
Коэффициент мощности, не менее	0,53		0,85	0,85	0,85
Типы лампы	ДРЛ-700	ДРЛ-1000	ДРИЗ-250		ДРИЗ-400
Номинальная мощность лампы, Вт	700	1000	250		400
КПД, %, не менее	70		90	60	90
Тип кривой силы света	Д		Л		Г
Степень защиты	IP22				
Климатическое исполнение	У2	Ц2	УХЛ3		
Габаритные размеры, мм	265×400×292	625×400×292	170×455	225×485	185×485
Масса, кг, не более	3,4*	3,5*	1,4*	2,0*	1,4*

Таблица 14.28

Технические параметры светильников типов ССП и ЖСП

Параметры	ССП04-400-002	ССП04-700-001	ССП04-700-002	ССП10-250-002	ЖСП50-150-001
Номинальная частота, Гц	50				
Напряжение, В	380			220	
Коэффициент мощности, не менее	0,85			1	0,41
Типы лампы	ДРИЗ-400	ДРИЗ-700-2		ИКЗ-220-250	ДНаЗ-150
Номинальная мощность лампы, Вт	400	700		250	150
КПД, %, не менее	65	90	75	80	95
Тип кривой силы света	Г				Ш
Степень защиты	IP22				IP53
Климатическое исполнение	УХЛ3			У5	УХЛ3
Габаритные размеры, мм	225×515	270×550	330×585	193×207	375×190×235
Масса, кг, не более	2,0*	1,7*	2,7*	1,3	1,6*

Таблица 14.29

Технические параметры светильников типов ЖСП и ГСП

Параметры	ЖСП50-250-001	ЖСП50-400-001	ГСП30-250-003	ГСП30-400-005	ГСП30-400-007
Номинальная частота, Гц	50				
Напряжение, В	220			380	220
Коэффициент мощности, не менее	0,32	0,42	0,85		
Типы лампы	ДНаЗ-250	ДНаЗ-400	ДРИ-250	ДРИ-400	
Номинальная мощность лампы, Вт	250	400	250	400	
КПД, %, не менее	95		60		
Тип кривой силы света	Ш		Д		
Степень защиты	IP53		IP23		
Климатическое исполнение	УХЛ3		УХЛ4		
Габаритные размеры, мм	450×190×235		425×335×332	505×335×332	
Масса, кг, не более	1,8*		1,95*	2,05*	

* Масса осветительной арматуры

Светильники под лампы накаливания (ООО «Резонфор»)

Таблица 14.30

Технические характеристики светильников под лампы накаливания

Тип (марка)	Количество ламп, шт.	Мощность ламп, Вт	Материал основания	Масса, кг
ПСХ 60	1	60	Карболит	1,2
ПСХ 60 с решеткой (евро)			Пластик (корпус)	1,5
НСП 02 (41)-100-001		100	Металл	1,8
ПСП 02 (41)-100-003				1,9
НСП 02 (41)-200-001		200		2,2
НСП-02 (41)-200-003 (с решеткой)				2,3
НСП 03-60		60	Карболит	0,8
НПО 1×100			Металл	2,00
НПП 03-100		100		2,7
НПП 03-100 «Селена»				2,2
НПП 03-100 с решеткой		75	Пластик	1,0
НПС 20-500-111		500	Металлический корпус и отражатель	4,5
НСР 01-100		100	Стальной корпус	2,5
НСП 09-100-001				1,2
НКП 03-60-003		60	Основание и отражатель из металла	

Примечания:
1. Тип цоколя у всех ламп — Е27, для НСП 20-500-111 тип патрона Е40.
2. Материал рассеивателя — силикатное стекло

Для общего или вспомогательного освещения производственных и сельскохозяйственных помещений применяются следующие светильники: ПСХ 60, НСП 02(41)-100-001, НСП 02(41)-100-003 с решеткой, НСП 02(41)-200-001, НСП 02(41)-200-300 (с решеткой), НСП 03-60, НПО 1 S 100 «Ракушка», НПП 03-100, НПП 03-100 «Селена».

Для общего освещения помещений с повышенной влажностью и запыленностью применяется светильник НПП 03-100 с решеткой.

Для общего освещения производственных помещений, угольных шахт (неопасных по пыли и газу), подсобных помещений применяются следующие светильники: НСП 20-500-111, НСР 01-100.

Для общего освещения производственных помещений, складов, в том числе с повышенным содержанием пыли применяют светильник НСП 09-100-001.

Светильники для ламп накаливания (ЗАО «Энерго», г. Красногорск)

Светильники ВЗГ-200 предназначены для освещения помещений с содержанием в воздухе взрывоопасных и горючих веществ. Светильники НСП-01/02 и ПСХ-60 предназначены для освещения пыльных и влажных производственных помещений. НСП-01/02 с модификациями 002/003 имеют защитную решетку.

Таблица 14.31

Технические характеристики светильников ВЗГ, НСП, ПСХ

<table>
<tr><th>Тип</th><th>Тип лампы</th><th>Степень защиты</th><th>Климатическое исполнение</th><th>Габаритные размеры, мм</th><th>Масса, кг, не более</th></tr>
<tr><td>ВЗГ-200</td><td>РН 220-230-200</td><td>IP54</td><td>У2</td><td>∅190×500</td><td>5,8</td></tr>
<tr><td>ПСХ-60</td><td>Б 220-230-60</td><td>IP53</td><td>У3</td><td>250×135×130</td><td>1,1</td></tr>
<tr><td>НСП 01-100-001</td><td rowspan="4">Б 220-230-100</td><td rowspan="6">IP52</td><td rowspan="6">У2</td><td rowspan="2">∅172×250</td><td>1,4</td></tr>
<tr><td>НСП 01-100-002</td><td>1,44</td></tr>
<tr><td>НСП 02-100-001</td><td rowspan="4">∅172×300</td><td>1,8</td></tr>
<tr><td>НСП 02-100-002</td><td>2,0</td></tr>
<tr><td>НСП 02-200-001</td><td rowspan="2">РН 220-230-200</td><td>1,8</td></tr>
<tr><td>НСП 02-200-003</td><td>2,0</td></tr>
<tr><td colspan="6">Номинальное напряжение 220 В, номинальная частота 50 Гц, тип цоколя Е27 для всех остальных светильников одинаковы</td></tr>
</table>

Светильники люминесцентные защищенные (ООО «Резонфор»)

Таблица 14.32

Технические характеристики светильников люминесцентных защищенных

Тип (марка)	Количество и мощность ламп, Вт	Масса, кг	Материал корпуса
ЛСП 42 2×40	2×40	5,0	металл; рассеиватель — пластик
ЛСП 24 2×40		3,4	металл
ЛПП 2×40 Beghelli	2×36		корпус и рассеиватель — поликарбонат
ЛСП 22 2×56	2×65	8,0	металл
TLWP118	1×18	—	корпус и рассеиватель — поликарбонат, ударопрочный
TLWP138	1×36		
TLWP218	2×18		
TLWP236	2×36		
TLWP258	2×58		
LZ 2×36	2×36	3,7	
KRK 2×36		2,4	полиэстер

Примечания:
1. Все светильники применяются для помещений с повышенной влажностью и запыленностью
2. Тип цоколя (патрона) у всех светильников G13

Светильники взрывозащищенные (ООО «Резонфор»)

Все светильники предназначены для общего освещения взрывоопасных производственных помещений.

Таблица 14.33

Технические характеристики взрывозащищенных светильников

Тип	Количество и мощность ламп, Вт	Класс взрывозащиты	Масса, кг
ВЗГ 200	1×200 (ЛН)	1ExdII-13T4	5,2
РСП38М-250	1×250 (ДРЛ)	1ExedIICT4	14,0
РСП38М-125	1×125 (ДРЛ)		7,0

Примечания:
1. Тип патрона у всех светильников Е27
2. У всех светильников корпус — алюминиевый; рассеиватель — силикатное стекло

Таблица 14.34

Технические характеристики светильников для промышленных помещений

Тип	Количество и мощность ламп, Вт	Тип цоколя	Масса, кг
РСП 05-112	1×125	E27	1,1
РСП 05-250	1×250	E27	1,3
РСП 05-400	1×400	E40	1,9
Примечания: 1. У всех светильников используется лампа ДРЛ. 2. У всех светильников корпус и отражатель — алюминиевые			

Таблица 14.35

Технические характеристики светильников промышленной серии «Вега»

<table>
<tr><th>Тип</th><th>Тип лампы</th><th>Мощность лампы, Вт</th><th>Тип цоколя</th><th>КПД %, не менее</th><th>Тип привой силы света</th><th>Масса, кг</th></tr>
<tr><td>РСП50-125-001/002</td><td rowspan="5">ДРЛ</td><td>125</td><td>E27</td><td rowspan="2">55/60</td><td>Г</td><td rowspan="2">3,0/2,2</td></tr>
<tr><td>РСП50-250-001/002</td><td rowspan="2">250</td><td rowspan="9">E40</td><td></td></tr>
<tr><td>РСП50-250-011/012</td><td rowspan="8">60/65</td><td>К, Г</td><td rowspan="2">5,5/3,0</td></tr>
<tr><td>РСП50-400-011/012</td><td>400</td><td>Г, Д, Л</td></tr>
<tr><td>РСП50-700-031/032</td><td>700</td><td>Д, Л</td><td>6,5/3,0</td></tr>
<tr><td>ЖСП50-100-001/002</td><td rowspan="5">ДНаТ</td><td>100</td><td>Г</td><td rowspan="3">3,0/2,2</td></tr>
<tr><td>ЖСП50-150-001/002</td><td>150</td><td>К</td></tr>
<tr><td>ЖСП50-250-001/002</td><td rowspan="2">250</td><td></td></tr>
<tr><td>ЖСП50-250-011/012</td><td>К, Г</td><td rowspan="2">5,5/3,0</td></tr>
<tr><td>ЖСП50-400-011/012</td><td>400</td><td>К, Г, Д</td></tr>
<tr><td>ГСП50-100-001</td><td rowspan="5">ДРИ</td><td>100</td><td rowspan="2">E27</td><td rowspan="5">60</td><td rowspan="2">К</td><td rowspan="3">3,0</td></tr>
<tr><td>ГСП50-150-001</td><td>150</td></tr>
<tr><td>ГСП50-250-001</td><td rowspan="2">250</td><td rowspan="3">E40</td><td>Г</td></tr>
<tr><td>ГСП50-250-011</td><td>Г, Д</td><td rowspan="2">5,5</td></tr>
<tr><td>ГСП50-400-011</td><td>400</td><td>Г, Д, Л</td></tr>
<tr><td colspan="7">У всех светильников степень защиты — IP53/IP23</td></tr>
</table>

14.6. Комплектные осветительные устройства

Комплектные осветительные устройства (КОУ) с целевыми световодами предназначены для освещения производственных помещений с большим содержанием пыли и влаги, со взрывоопасными зонами классов В-Iб, В-IIа, пожароопасными зонами классов П-I и П-II, а также со взрывоопасными зонами классов В-I и В-Iа при условии установки ИС либо вне помещений, либо в строительных галереях и коммуникационных каналах, расположенных внутри помещений.

Комплектные осветительные устройства соответствуют климатическому исполнению У категории размещения 3 и рассчитаны на работу в сети переменного тока с номинальным напряжением 380 В частотой 50 Гц.

Таблица 14.36

Технические характеристики комплектных осветительных устройств

Тип КОУ	Размер канала		Количество ИС, шт.	Общая потребляемая мощность (с учетом потерь в ПРА), кВт	КПД, %	Рекомендуемый диапазон высоты установки КОУ, м	Средняя освещенность рабочей поверхности, лк (высота установки, м)
	L, м	*D*, мм					
КОУIA-М600-3×700УХЛ2	12	60	3	2,3	38	4–8	250 (6)
КОУIA-М600-3×700УХЛ3					43		
КОУIA-М600-3×700/СУХЛ3							
КОУIA-М275-1×700УХЛ3	6	275	1	0,74	40	3–5	300 (3,5)
КОУIA-М275-1×УХЛ2					30		

Примечания:
1. В качестве источника света (лампы) в КОУ используется ДРИЗ700-1 мощностью 700 Вт, световым потоком 45 клм, сроком службы 5 тыс. ч.
2. Номинальное напряжение — 380 В

14.7. Прожекторы *(ООО «Резонфор»)*

Прожекторы предназначены для освещения фасадов зданий, территорий предприятий, строительных площадок и других открытых пространств.

Таблица 14.37

Технические характеристики прожекторов

Тип (марка)	Количество и мощность ламп, Вт	Тип лампы	Тип цоколя	Масса, кг	Материал корпуса
ПЗМ-35	1×500	ЛОН	Е40	5,2	Сталь; отражатель — оксидированный алюминий
ННУ (ПЗМ) 500Н-002				5,5	
ННУ (ПЗМ) 1000Н-003	1×1000			11,0	
ИО-04-500-002	1×500	КГ-500		2,2	Алюминиевый сплав; отражатель — оксидированный алюминий
ИО-04-1000-001	1×1000	линейная галогенная	R7S	7,0	

14.8. Аварийные светильники *(ООО «Резонфор»)*

Аварийные светильники предназначены для обеспечения эвакуационного и резервного освещения.

Таблица 14.38

Технические характеристики аварийных светильников

<table>
<tr><th>Тип</th><th>Мощность ламп, Вт</th><th>Тип лампы</th><th>Тип цоколя</th><th>Масса, кг</th><th>Время автономной работы, ч</th><th>Материал корпуса</th></tr>
<tr><td>ЛБО20-1×80-842 (БС-842)</td><td>8</td><td>ЛЛ</td><td>G5</td><td>1,5</td><td>2</td><td rowspan="2">Корпус и рассеиватель — поликарбонат</td></tr>
<tr><td>ЛБО29-9-831 (БС-831)</td><td>9</td><td rowspan="3">КЛЛ</td><td>2G7</td><td>0,9</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Леггера 3Н16А91</td><td rowspan="2">1×6</td><td rowspan="2">—</td><td>—</td><td rowspan="2">1–3</td><td rowspan="2">Поликарбонат (IP65)</td></tr>
<tr><td>2 Аэстетика 1Н18Н86</td><td>1,2</td></tr>
</table>

Аварийные светильники(ООО «Белый свет», Москва)

1. ФСП03-АО — Взрывозащищенный светильник, со степенью защиты IP65, разработанный специально для аварийного освещения во взрывоопасных помещениях.

Могут быть использованы в качестве информационных табло и сигнальных приборов в производственных помещениях и наружных установках.

Внутри оболочки светильника могут быть смонтированы трафареты с надписями и светофильтры.

Основные места применения: взрывоопасные помещения и зоны на предприятиях нефтяной химической, нефтехимической, газовой и других отраслей промышленности.

Особенности:

- маркировка по взрывозащите 1ExdsIICT6;
- рассеиватель из боросиликатного стекла;
- автономный источник питания — Ni-Cd высокотемпературная аккумуляторная батарея;
- электронный блок управления с защитой от глубокого разряда батареи.

Взрывозащищенный пылевлагонепроницаемый светильник ФСП03-АО предназначен для обеспечения всех видов аварийного освещения во взрывоопасных помещениях и зонах.

Светильник рассчитан для работы с компактными люминесцентными лампами типа PL-T/4p мощностью 26 Вт с цоколем GX24q-3. Напряжение питания 220 В (50 Гц).

2. ЛБО42 «Маяк» — светильник, разработанный специально для аварийного освещения небольших помещений с тяжелыми условиями среды.

Малая высота светильника позволяет использовать его в помещениях с низкими потолками.

Корпус и рассеиватель светильника выполнен из ударопрочного поликарбоната (PC), что, наряду с отсутствием винтовых соединений, позволяет использовать его в местах, где требуется вандалозащищенное исполнение.

Высокая степень защиты IP65 достигается благодаря достаточно жесткой конструкцией рассеивателя, четырем специальным защелкам, фиксирующим корпусные детали и химически стойкой прокладке.

Основные места применения: подземные гаражи и автостоянки, технические и вспомогательные помещения, коридоры промышленных зданий и т. д.

Особенности:

- вандалозащищенный корпус из ударопрочного поликарбоната;
- монтаж на вертикальную и горизонтальную поверхность;
- автономный источник питания — Ni-Cd высокотемпературная аккумуляторная батарея;
- яркость и цвет пиктограммы соответствует действующим нормам.

Пыленепроницаемый струезащищенный антивандальный светильник предназначен для обеспечения всех видов аварийного освещения в помещениях с тяжелыми условиями среды. Источник света — КЛЛ мощностью 9 или 11 Вт с цоколем 2G7. Основание светильника и рассеиватель выполнены из поликарбоната.

Светильник в централизованном исполнении может применяться для работы в сетях централизованных систем аварийного электроснабжения переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц или постоянного тока напряжением 220, 24 В.

3. ЛБО20 «Универсал» — светильник со степенью защиты IP65, разработанный специально для аварийного освещения в помещениях с повышенной влажностью и запыленностью.

Эргономичный, узнаваемый дизайн светильника, плоский, удобный для нанесения пиктограммы рассеиватель, значительное количество модификаций, простой монтаж, возможность подключения в линию обеспечили светильнику широкое применение.

Рассеиватель выполнен из поликарбоната, что обеспечивает его устойчивость при ударах с энергией до 4 кДж.

Размер и форма корпуса позволяют создавать модификации, удовлетворяющие практически любым специальным требованиям, которые может предъявить потребитель к светильнику аварийного освещения.

Светильник может быть применен в сетях централизованных систем аварийного электроснабжения постоянного тока напряжением 220, 24, 12 В.

Использование в качестве источника света люминесцентной лампы обеспечивает значительный световой поток, как в режиме рабочего освещения, так и в аварийном режиме.

Основные места применения: площадки под навесом, автостоянки, складские помещения, торговые центры и т. д.

Особенности:

- монтаж на вертикальную и горизонтальную поверхности;
- автономный источник питания — Ni-Cd высокотемпературная аккумуляторная батарея;
- электронный блок управления с защитой от глубокого разряда батареи;
- яркость и цвет пиктограммы соответствует действующим нормам.

Пыленепроницаемый струезащитный светильник предназначен для обеспечения всех видов аварийного освещения в помещениях с тяжелыми условиями среды. Источник света — линейные люминесцентные лампы мощностью 8 Вт с цоколем П5 лили КЛЛ мощностью 9 или 11 Вт с цоколем 2G7. Основание светильника и рассеиватель выполнены из поликарбоната.

Светильник в централизованном исполнении может применяться для работы, в сетях централизованных систем аварийного электроснабжения переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц, или постоянного тока напряжением 220, 24, 12 В.

4. ЛБО50/ЛБП50 «Айсберг» — аварийный светильник, разработанный специально для двустороннего указания маршрутов эвакуации.

Благодаря высокой степени защиты может применяться в помещениях с повышенной влажностью и запыленностью.

Основные места применения:

- аэропорты, вокзалы, супермаркеты, большие производственные, общественные и жилые помещения;
- ЛБП50 применяется для установки на открытом воздухе под навесами — в подземных паркингах, гаражах, автостоянках и т.п;
- для эксплуатации при минусовых температурах применена система подогрева.

Светильник может быть применен для указания путей эвакуации в сетях централизованных систем аварийного энергосбережения напряжением 220 В.

Светильник может быть установлен непосредственно на потолке либо подвешен на штанге.

Особенности:

- современный дизайн;
- автономный источник питания — Ni-Cd высокотемпературная аккумуляторная батарея;
- дистанция распознавания пиктограммы — более 28 м;
- электронный блок управления с защитой от глубокого разряда батареи;
- яркость и цвет пиктограммы соответствует действующим нормам;
- степень защиты светильника IP65;
- климатическое исполнение и категория размещения для: ЛБО50-УХЛ4; УБП50-У2.

Таблица 14.39

Технические характеристики аварийный светильников

Тип	Потребляемая мощность, Вт	cosφ	Аккумуляторная батарея	Т, час	Масса, кг
БС-1500-8 (220 В, ЭАПРА)	9	0,59	—	0	0,8
БС-9501-2×8	13,3	0,72	4KR 23/43-1,5L	1	1,8
БС-9502-2×8			5KR 23/43-1,5L	2	2,1
БС-9503-2×8			6KR 23/43-1,5L	3	2,3
БС-1500-8 Т (220 В, ЭАПРА)	9	0,59	—	0	0,8
БС-9501-2×8 Т	13,3	0,72	4KR 23/43-1,5L	1	1,8
БС-9502-2×8 Т			5KR 23/43-1,5L	2	2,1
БС-9503-2×8 Т			6KR 23/43-1,5L	3	2,3
У всех светильников габаритные размеры (62×203× 720), напряжение питания (220 В, 50 Гц), тип лампы (ЛЛ), ее мощность (8 Вт) и цоколь (G5) — одинаковые.					

5. ЛБО 17 «Полет» — аварийный светильник для больших помещений; его корпус изготовлен из алюминиевого сплава.

Благодаря современному дизайну, светильник оптимально интегрируется в большинство установок внутреннего освещения.

Предлагаемые аксессуары крепления позволяют архитектору или дизайнеру решить практически любую задачу по размещению светильника.

Перераспределение части светового потока в нижнюю полусферу создает возможность применения светильника для освещения путей эвакуации.

Основные места применения: аэропорты, вокзалы, супермаркеты, большие производственные, общественные и жилые помещения, длинные коридоры.

Особенности:

- дистанция распознавания пиктограммы — более 40 м;
- климатическое исполнение и категория размещения УХЛ4;
- монтаж на вертикальную, горизонтальную поверхности, подвес на штангах;
- электронный блок управления с защитой от глубокого разряда батареи;
- яркость и цвет пиктограммы соответствует действующим нормам;
- степень защиты светильника IP20;
- возможно двустороннее указание путей эвакуации;
- автономный источник питания — Ni-Cd высокотемпературная аккумуляторная батарея.

Таблица 14.40

Технические характеристики аварийных светильников

Тип	Габаритный размер, мм	Напряжение питания	Потребляемая мощность, Вт	cosφ	Источник света			Аккумуляторная батарея	*T*, ч	Масса, кг
					тип	мощность, Вт	цоколь			
БС-911-2×13	100×320×385	220 В, 50 Гц	20,7	0,51	ЛЛ	13	П5	4KR 23/43-1,5/L	1	3,2
0БС-912-2×3								5KR 23/43-1,5L	2	3,3
БС-913-2×13								6KR 23/43-1,5/L	3	3,4

6. ЛСП 18 BEx — аварийный взрывозащищенный светильник (совместная разработка с ВАТРА) предназначен для обеспечения всех видов аварийного освещения во взрывоопасных помещениях и зонах на предприятиях нефтяной, химической, нефтехимической, газовой и других отраслей промышленности.

Светильник рассчитан для работы с компактной люминесцентной лампой типа PL-T/4p. Корпусные детали светильника — литые из алюминиевого сплава. Внутри корпуса размещены комбинированный электронный блок питания с системой управления и Ni-Cd аккумуляторная батарея. Защитный колпак из силикатного термостойкого ударопрочного стекла герметичности заделан в кольцо. Внутри отражатель — алюминиевый.

Для использования светильника в качестве светового эвакуационного указателя на защитный колпак наклеивается транслюцентная пленочная пиктограмма, при этом максимальная дистанция опознавания — 20 м.

Технические характеристики светильника

Тип источника света	КЛЛ
Мощность лампы, Вт	26
Тип цоколя	GX24q-3
Время работы в аварийном режиме, ч	3
Световой поток в режимах, лм	
в нормальном	1800
в аварийном	450
Потребляемая мощность в режимах:	
в нормальном Вт	27,2
в аварийном, Вт	3,0
Батарея:	
напряжение, В	3,6
емкость, А·ч	4,5
Масса, кг	8,6
Гарантийный срок службы, лет	4

Является постоянным автономным светильником.

Таблица 14.41

Технические характеристики аварийных светильников централизованного питания

Тип	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	cosφ	Масса, кг
БС-110-8 (~220 В, ЭмПРА)		—	11,9	0,35	1,8
БС-110-2×8 (~220 В, ЭмПРА)	8		19,1	0,6	2,1
БС-180-0 (~220 В, ЭмПРА)		230	9	0,59	0,675
БС-160-6 (~220 В, ЭмПРА)	6	78	10,7	0,3	2
Примечания: 1. Тип лампы и тип цоколя во всех светильниках одинаков (ЛЛ, G5). 2. Напряжение питания ~220 В, 50 Гц					

Таблица 14.42

Технические характеристики аварийных светильников централизованного питания

Тип	*Т*, ч	Нормируемый световой поток, лм		Тип аккумуляторной батареи	Мощность, Вт	Масса, кг
		нормальный режим	аварийный режим			
БС-741-9	1			4KR 23/42-1,6/F	17,8	1,8
БС-742-0	2	370	163	4KR 26/50-2,3/F		2,0
БС-743-9	3			4KR 33/62-4,5/F	15,8	2,5

Окончание таблицы 14.42

Тип	*Т*, ч	Нормируемый световой поток, лм		Тип аккумуляторной батареи	Мощность, Вт	Масса, кг
		нормальный режим	аварийный режим			
БС-741-9М	1			6KR 23/42-1,6/2F		1,8
БС-742-9М	2	370	185	6KR 26/50-2,3/2F	15,8	2,0
БС-743-9М	3			6KR 33/62-4,5/2F		2,5
БС-741-11	1			6KR 23/42-1,6/2F		2,1
БС-742-11	2	570	290	6KR 26/50-2,3/2F	17,8	2,5
БС-743-11	3			6KR 33/62-4,5/2F		3,0
У всех светильников cosφ = 0,54						

Таблица 14.43

Светотехнические характеристики аварийных светильников централизованного питания

Тип	Напряжеиие питания	Источник света			Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт	cosφ	Масса, кг
		тип лампы	мощность лампы, Вт	тип цоколя				
БС-140-8 (~220 В, ЭмПРА)	~220 В, 50 Гц				320	11,9	0,35	0,9
БС-140-8 (= 220 В, ЭмПРА)	= 220 В	ЛЛ	8	G5	570	11,5		
БС-140-8 (= 24 В, ЭмПРА)	= 24 В				320	8,5	—	0,8
БС-140-8 (= 12 В, ЭмПРА)	=12В	КЛЛ	11	2G7	570	11,5		
БС-140-2×8 (~220 В, ЭмПРА)	~220 В, 50 Гц	ЛЛ	8	G5	640	19,1	0,6	1,1
БС-140-2×8 (= 220 В, ЭмПРА)	=220 В				570	11,5	—	1,0

14.9. Антивандальные светильники

Светильники антивандальные типа ЖПУ 03

Применяются для освещения тоннелей, лифтов, холлов и др. Источник света — натриевая лампа. Надежны в эксплуатации, имеют повышенную прочность к механическим воздействиям.

Технические характеристики светильников ЖПУ 03

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	Натриевая лампа с эллипсоидной матированной колбой (ДНаТ)

Мощность ламп, Вт	70
КПД, %, не менее	50
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP20
Климатическое исполнение и категория размещения	У2
Габаритные размеры, мм	550×182×134
Масса, кг, не более	5,5
Срок службы, лет, не менее	10

Производитель: ЗАО НСПС «Светосервис» (г. Москва).

Светильники антивандальные типа ФПО 04

Применяются для освещения лифтовых холлов, коридоров, лестничных площадок и других вспомогательных помещений с временным пребыванием людей. Светильники выпускают с компенсированной и некомпенсированной схемами включения; светильники надежны в эксплуатации, экономичны, защищены от ударов.

Технические характеристики светильников типа ФПО 04

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	КЛЛ 11
Мощность ламп, Вт	2×11
Коэффициент мощности, не менее, для модификаций светильника:	
с компенсированной схемой включения	0,92
с некомпенсированной схемой включения	0,40
КПД, %, не менее	55
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	1
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP54
Климатическое исполнение и категория размещения	У1
Габаритные размеры, мм	376×156×107
Масса, кг, не более	2,8
Срок службы, лет, не менее	10

Производитель: ЗАО НПСП «Светосервис» (г. Москва).

Светильники антивандальные типа ЛПО 56

Применяются для освещения лестничных площадок, коридоров и других вспомогательных помещений с временным пребыванием людей. Светильники надежны в эксплуатации, экономичны, защищены от ударов.

Технические характеристики светильников типа ЛПО 56

Напряжение, В	220
Частота тока, Гц	50
Тип лампы	КЛЛ 11
Мощность ламп, Вт	11
Коэффициент мощности, не менее, для исполнений светильника	
008 (компенсированная схема включения)	0,92
004, 005М (некомпенсированная схема включения)	0,40
КПД, %, не менее	45
Тип кривой силы света	Д
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Степень защиты от воздействия окружающей среды для исполнений светильника:	
004, 008	IP20
005М	IP54
Климатическое исполнение и категория размещения для исполнений светильника:	
004, 008	УХЛ4
005М	УХл1
Габаритные размеры, мм для исполнений светильника:	
004, 008	376×87×65
005М	385×95×73
Масса, кг, не более для исполнений светильника:	
004, 008 и 005М	2,0 и 2,4
Срок службы, лет, не менее	10

Производитель: ЗАО НПСП «Светосервис» (г. Москва).

14.10. Импульсные зажигающие устройства

1. ИЗУ-У-3500/380-В-001.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления (ДРИ) мощностью от 260 до 2000 Вт, а также ламп ДРИ 3500-6.
2. ИЗУ-О-700/220-В-010.УХЛ2 — для зажигания натриевых ламп высокого давления (ДНаТ) мощностью от 100 до 600 Вт, а также металлогалогенных разрядных ламп высокого давления типа ДРИ мощностью от 250 до 700 Вт.
3. ИЗУ-О-2000/380-В-010.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления (ДРИ) мощностью от 250 до 2000 Вт.
4. ИЗУ-О-3500/380-В-010.УХЛ2 — для зажигания металлогалогенных разрядных ламп высокого давления ДРИ2500-6 и типа ДРТИ мощностью 3000 Вт.

ИЗУ-О-700/220-В-010.УХЛ2, ИЗУ-О-2000/380-В-010.УХЛ2, ИЗУ-О-3500/380-В-010.УХЛ2 снабжены отключающими устройствами. В случае незажигания лампы или ее отсутствия при нормальной и повы-

шенной температурах окружающей среды устройство отключается. Для возобновления работы ИЗУ необходимо отключить и через несколько минут вновь включить питающую сеть. Эти ИЗУ также обеспечивают «симметричный поджиг» ламп, т. е. импульсы имеются и в положительном и в отрицательном полупериодах.

5. ИЗУ-1000/220-В-011.УХЛ2 — для зажигания разрядных ламп высокого давления типа «REFLUX» Н (ДНаЗ) мощностью 350 Вт, а также для зажигания ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ мощностью от 50 до 1000 Вт при отрицательных температурах до минус 60°С.

Таблица 14.44

Технические характеристики ИЗУ

<table>
<tr><th>Параметры</th><th>ИЗУ-У-3500/380</th><th>ИЗУ-О-700/220</th><th>ИЗУ-О-2000/380</th><th>ИЗУ-О-3500/380</th><th>ИЗУ-1000/220</th></tr>
<tr><td>Напряжение питающей сети частотой 50, 60 Гц, В</td><td>380 ± 38</td><td>220 ± 22</td><td colspan="2">380 ± 38</td><td>220 ± 22</td></tr>
<tr><td>Напряжение срабатывания, В</td><td>290–330</td><td>170–195</td><td colspan="2">290–330</td><td>170–195</td></tr>
<tr><td>Амплитуда импульсов, кВ</td><td colspan="3">3,0–5,0</td><td>4,5–6,0</td><td>0,8–1,0</td></tr>
<tr><td>Длительность импульса, мкс, не менее/на уровне, кВ</td><td>3,0/2,7</td><td colspan="2">1,0/3,0</td><td>2,0/3,0</td><td>500/0,5</td></tr>
<tr><td>Количество импульсов за период сетевого напряжения не менее</td><td>1–2</td><td colspan="3">2–6</td><td>1–2</td></tr>
<tr><td>Время отключения при 20°С, мин</td><td>—</td><td colspan="3">1–2</td><td>—</td></tr>
<tr><td>Максимальная длина проводов (кабеля), соединяющих балластный дроссель с лампой, м</td><td>40</td><td colspan="3">10</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Максимальная емкость между жилами провода (кабеля), пФ</td><td rowspan="2">4000</td><td colspan="3">1000</td><td>5000</td></tr>
<tr><td colspan="4">53</td></tr>
<tr><td>Габаритные размеры, мм</td><td>91×57×36</td><td>(65 с винтом)×54×31</td><td>(65 с винтом)×54×31</td><td>(65 с винтом)×54×31</td><td>(65 с винтом)×54×31</td></tr>
<tr><td>Масса, кг, не более</td><td>0,14</td><td>0,08</td><td>0,08</td><td>0,08</td><td>0,08</td></tr>
</table>

Производитель: ОАО «Лисма–КЭТЗ» (Мордовия).

Раздел второй
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Физические величины и константы

1.1 Физические величины и их единицы

Таблица 1.1

Важнейшие единицы Международной системы СИ

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
Основные единицы		
Длина	метр	m/м
Масса	килограмм	kg/кг
Время	секунда	s/с
Сила эл. тока	ампер	A/А
Термодинамическая температура	кельвин	K/К
Количество вещества	моль	mol/моль
Сила света	кандела	cd/кд
Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан (1 рад = 57°17′)	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Производные единицы		
Единицы пространства и времени		
Площадь	кв. метр	$м^2$
Объем, вместимость	куб. метр	$м^3$
Скорость (линейная)	метр в секунды	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$м/с^2$
Частота колебаний	герц	Гц
Частота вращения	секунда в минус первой степени	$с^{-1}$
Период	секунда	с
Угловая частота	радиан в секунду	рад/с
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	$рад/с^2$
Единицы механических величин		
Плотность	килограмм на куб. метр	$кг/м^3$
Момент инерции (динамический)	килограмм-метр в квадрате	$кг \cdot м^2$
Количество движения (импульс)	килограмм-метр в секунды	кг·м/с
Сила, сила тяжести (вес)	ньютон	Н
Импульс силы	ньютон-секунда	Н·с
Удельный вес	ньютон на куб. метр	$Н/м^3$
Момент силы	ньютон-метр	Н·м
Давление (напряжение механическое)	паскаль	Па

Наименование	Единица	Обозначение: международное/русское
Работа (энергия)	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па·с
Кинематическая вязкость	кв. метр на секунду	$м^2/с$
Ударная вязкость	джоуль на кв. метр	$Дж/м^2$
Единицы электрических и магнитных величин		
Количество электричества, электрический заряд	кулон	Кл = А·с
Электрическое напряжение, разность потенциалов, ЭДС	вольт	В
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м
Электрическая емкость	фарад	Ф = Кл/В
Электрическое сопротивление	Ом	Ом = В/а = 1/См
Удельное электрическое сопротивление	Ом·метр	Омм = 10^6 $Оммм^2/м$
Электрическая проводимость	сименс	См = А/В = 1/Ом
Магнитный поток	вебер	Вб = Вс
Магнитная индукция	тесла	Тл = $Вб/м^2$
Магнитодвижущая сила	ампер	А
Напряженность магн. поля	ампер на метр	А/м
Индуктивность	генри	Гн = Вб/А = Омс
Активная мощность электрической цепи	ватт	Вт
Реактивная мощность электрической цепи	вар	вар
Полная мощность электрической цепи	вольт-ампер	В·А
Единицы световых величин		
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Яркость	кандела на кв. метр	$кд/м^2$
Единицы магнитных величин в системе СГС		
Магнитный поток	максвелл, 1 Мкс = 10^{-8} Вб	
Магнитная индукция	гаус, 1 Гс = 10^{-4} $Вб/м^2$ = 10^{-4} Тл	
Магнитодвижущая сила	гильберт, 1 Гб = $10/(4\pi)$А	
Напряженность магнитного поля	эрстед, 1 Э = $1/(4\pi)10^3$ А/м	
Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ		
Масса: центнер (ц), тонна (т).		
Время: мин, ч, сут, нед, мес, год, век. 1 год = 8760 ч.		
Площадь: гектар (га).		
Объем, вместимость: литр (л).		
Скорость: км/ч		
Частота вращения: об/с, об/мин.		
Работа, энергия: кВт·ч.		
Количество электричества: А·ч.		
Массовый расход: т/ч, кг/ч.		
Объемный расход: $м^3/ч$.		
Удельная электрическая проводимость: мкСм/см.		
Удельное электрическое сопротивление: кОм·см.		

Кроме температуры Кельвина (обозначение T), допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273{,}15$ К по определению. По размеру градус Цельсия равен кельвину. Разность температур Кельвина выражается в кельвинах. Разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

1.2. Физические константы

Таблица 1.2

Важнейшие физические постоянные

Наименование	Условное обозначение	Численное значение	Единица
Скорость света в вакууме	c	$2{,}998 \cdot 10^{8}$	м/с
Магнитная постоянная	μ_0	$1{,}256 \cdot 10^{-6}$	Гн/м
Электрическая постоянная	ε_0	$8{,}85 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Абсолютный нуль температуры	T_0	–273,15°	К
Ускорение свободного падения (нормальное)	g	9,81	м/с^2
Гравитационная постоянная	G	$6{,}67 \cdot 10^{-11}$	Н·м^2/кг^2
Постоянная Больцмана	k	$1{,}38 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
Постоянная Планка	$h/(2\pi)$	$1{,}05 \cdot 10^{-34}$	Дж·с
Постоянная Стефана–Больцмана	C	$5{,}67 \cdot 10^{-8}$	Вт/(м^2·К^4)
Универсальная газовая постоянная	R	8,314	Дж/(моль·К)
Энергетический эквивалент массы	—	$8{,}987 \cdot 10^{16}$	Дж/кг
Электрон-вольт	—	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$	Дж
Объем 1 моля идеального газа при нормальных условия	—	22,415	л/моль
Температурный коэффициент расширения идеальных газов	α	0,00366	1/°С
Постоянная (число) Авогадро	N_A	$6{,}021 \cdot 10^{23}$	моль$^{-1}$
Число Лошмидта	N_L	$2{,}687 \cdot 10^{25}$	м$^{-3}$
Постоянная (число) Фарадея (валентность 1)	F	96 484	Кл/моль
Элементарный заряд (заряд электрона)	q	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$	Кл
Отношение заряда электрона к его массе	e/m_e	$1{,}76 \cdot 10^{11}$	Кл/кг
Масса покоя электрона	m_e	$9{,}109 \cdot 10^{-31}$	кг
Масса покоя протона	m_p	$1{,}672 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя нейтрона	m_n	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя мюона	m_μ	$1{,}883 \cdot 10^{-28}$	кг
Отношение масс протона и электрона	$m_p/m_к$	1836	—

К физическим постоянным можно отнести также:

Технический год = 8760 ч.

Технический месяц = 730 ч.

Таблица 1.3

Кратные и дольные единицы изменения

Приставки	Обозначения		Кратность и дольность	Приставки	Обозначения		Кратность и дольность
	русские	международные			русские	международные	
Экса	Э	*E*	10^{18}	(Деци)	д	*d*	10^{-1}
Пета	П	*P*	10^{15}	(санти)	с	*c*	10^{-2}
Тера	Т	*T*	10^{12}	Милли	м	*m*	10^{-3}
Гига	Г	*G*	10^{9}	Микро	мк	μ	10^{-6}
Мега	М	*M*	10^{6}	Нано	н	*n*	10^{-9}
Кило	к	*k*	10^{3}	Пико	п	*p*	10^{-12}
(Гекто)	г	*h*	10^{2}	Фемто	ф	*f*	10^{-15}
(Дека)	да	*da*	10^{1}	Атто	а	*a*	10^{-18}
В скобках указаны приставки, которые допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например, гектар, декалитр, дециметр, сантиметр)							

1.3. Единицы измерения электрических величин

Электрический ток (*I*) измеряется в амперах (А).

Производными единицами измерения тока являются:

– 1 килоампер (кА) = 1000 А;

– 1 миллиампер (мА) = 0,001 А;

– 1 микроампер (мкА) = 0,000001 А.

Электрическое напряжение (*U*) измеряется в вольтах (В):

– 1 В = (1 Вт) : (1 А).

Производными единицами измерения напряжения являются:

– 1 киловольт (кВ) = 1000 В;

– 1 милливольт (мВ) = 0,001 В;

– 1 микровольт (мкВ) = 0,000001 В.

Сопротивление (*R*) участка электрической цепи зависит от материала проводника, его длины и поперечного сечения. Электрическое сопротивление измеряется в омах (Ом):

– 1 Ом = (1 В) : (1 А).

Производными единицами измерения сопротивления являются:

– 1 килоОм (кОм) = 1000 Ом;

– 1 мегаОм (МОм) = 1 000 000 Ом;

– 1 миллиОм (мОм) = 0,001 Ом;

– 1 микроОм (мкОм) = 0,000001 Ом.

Удельным электрическим сопротивлением (ρ) называется сопротивление проволоки длиной 1 м и сечением 1 $мм^2$ при температуре 20°С.

Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной электрической проводимостью (γ).

Системной единицей мощности (*P*) в СИ является ватт (Вт). Он равен мощности, при которой за 1 секунду выполняется работа в 1 джоуль:

$$1\text{Вт} = \frac{1\text{дж}}{1\text{сек}}.$$

Производными единицами измерения электрической мощности являются:

– 1 киловатт (кВт) = 1000 Вт;

– 1 мегаватт (МВт) = 1000 кВт = 1 000 000 Вт;

– 1 милливатт (мВт) = 0,001 Вт;

– 1 лошадиная сила (л. с.) = 736 Вт = 0,736 кВт.

Единицами измерения электрической энергии являются:

– 1 ватт-секунда (Вт·сек) = 1 дж = (1 Н)·(1 м);

– 1 киловатт-час (кВт·ч) = $3{,}6 \cdot 10^6$ Вт·сек.

Пример. Ток, потребляемый электродвигателем, присоединенным к сети 220 В, составлял 10 А в течение 15 минут. Определить энергию, потребленную двигателем.

$W = Pt = UIt = 220 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 60 = 1\,980\,000$ Вт·сек, или, разделив эту величину на 1000 и 3600 получим энергию в киловатт-часах:

$$W = \frac{1980000}{1000 \cdot 36000} = 0{,}55 \text{ кВт·ч}.$$

Таблица 1.4

Электрические величины и единицы

Наименование	Обозначение латинским шрифтом	Единицы измерения	
		Наименование	Обозначение русским шрифтом
Напряжение	*U, u*	Вольт	В
Электродвижущая сила –	*E, e*	Вольт	В
Ток	*I, i*	Ампер	А
Сопротивление активное	*R, r*	Ом	Ом
Сопротивление реактивное	*X, x*	Ом	Ом
Сопротивление полное	Z, z	Ом	Ом
Мощность активная	*P*	Ватт	Вт
Мощность реактивная	*Q*	Вольт-ампер реактивный	вар
Мощность полная	*S*	Вольт-ампер	В·А
Энергия	*W*	Ватт-секунда или джоуль	Вт·с, Дж

1.4. Необходимые сведения по электротехническим материалам

Таблица 1.5

Металлы (чистые) для проводниковых и контактных материалов и составных частей сплавов

Наименование металла	Плотность, кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельное сопротивление ρ, мкОм·м	Температурный коэффициент удельного сопротивления, 10^{-3}, 1/°С	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С)	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Теплота плавления, кДж/кг	Температурный коэффициент линейного расширения, 10^{-6} 1/°С	Работа выхода электрона, эВ	Модуль упругости, ГПа
Алюминий (Al)	2700	660	0,0265	4,1	923	218	397	21	4,2	71
Бериллий (Be)	1840	1280	0,041	6,6	1800	184	1387	12	3,9	287
Вольфрам (W)	19300	3400	0,055	5	142	167	191	4,4	4,5	407
Железо (Fe)	7870	1540	0,097	3,8	453	73	278	10,7	4,3	211
Золото (Au)	19300	1063	0,0225	3,9	134	312	65	14	4,3	77
Кадмий (Cd)	8650	321	0,074	4,2	231	93	57	29	4,1	62
Магний (Mg)	1740	650	0,045	4	1040	170	368	27	3,6	44
Медь (Cu)	8920	1083	0,0168	4,3	386	406	205	16,6	4,4	129
Молибден (Mo)	10200	2620	0,05	4,3	272	150	288	5,3	4,3	294
Никель (Ni)	8960	1453	0,068	6,7	440	75	303	13,2	4,5	169
Ниобий (Nb)	8570	2500	0,15	3,9	268	50	—	7,2	4	100
Олово (Sn)	7290	232	0,113	4,5	226	63	59	23	4,4	54
Платина (Pt)	21450	1770	0,108	3,9	134	71	111	9,5	5,3	170
lin0Свинец (Pb)	11340	327	0,19	4,2	130	35	23	28,3	4	16
Серебро (Ag)	10490	961	0,015	4,1	235	453	104	18,6	4,3	80
Титан (Ti)	4520	1670	0,47	5,5	550	22	—	8,1	3,9	104
Хром (Cr)	7190	1900	0,13	2,4	462	89	281	6,2	4,6	245
Цинк (Zn)	7140	420	0,059	4,1	336	113	111	30	4,2	92
Цирконий (Zr)	6500	1855	0,41	4,4	277	30	219	6,3	3,9	68

Таблица 1.6

Классы по нагревостойкости электроизоляционных материалов для электрических машин, трансформаторов и аппаратов

Обозначение класса нагревостойкости	Температура t, характеризующая нагревостойкость материалов данного класса,°С	Краткая характеристика основных групп электроизоляционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
Y	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал, и т.п.
A	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка или натурального, искусственного и синтетического шелка, пропитанные или погруженные жидкий электроизоляционный материал, и т.п.
E	120	Синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы, компаунды и др.) и т.п.
B	130	Материалы на основе слюды (в том числе и на органических подложках), асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами и т.п.
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами, и т.п.
H	180	Материалы на основе слюды асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами, кремнийорганические эластомеры и т.п.
C	Выше 180	Слюда, керамические материалы, фарфор, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами, и т.п.

Таблица 1.7

Электроизоляционные материалы

Наименование материала	Плотность, кг/м^3	ρ, Ом·м	ε при 50 Гц	$\mathrm{tg}\delta$ при 50 Гц	$E_{проб}$, МВ/м	Предел прочности, МПа		Теплопроводность, Вт/(м·°С)
						при растяжении	при статическом изгибе	
Асботекстолит	1600	10^{7}	7,5	0,2–0,5	1,75	75	95	—
Винипласт	1350	10^{10}	3,5	0,03	25	50	160	0,18
Гетинакс (I)	1400	10^{9}	7	0,05	20	80	100	0,17
Дельта-древесина	1350	10^{9}	7	0,06	7,5	140	180	0,17
Картон электроизоляционный	950	10^{8}	—	—	45	40	—	—
Миканит коллекторный	2500	10^{11}	—	0,02	19	—	—	0,32
Поливинилхлорид	1250	10^{11}	6	0,07	10	15	—	0,12
Поликапролактам (капрон)	1140	10^{11}	4	0,02	17	55	75	0,08
Полиметилметакрилат	1190	10^{11}	3,7	0,06	50	70	60	0,17
Полистирол	1060	10^{15}	2,5	0,005	25	35	85	0,12
Полиуретан	1200	10^{12}	4,5	0,001	22	55	70	0,28
Полиформальдегид	1430	10^{12}	4	0,003	21	70	100	—
Полиэтилен ВД	940	10^{15}	2,3	0,004	45	15	5	0,32
Резина кабельная	—	10^{13}	3,4	0,02	40	6	—	—
Стеклотекстолит	1600	10^{10}	8	0,08	10	70	95	0,18
Совол	1560	10^{12}	4,1	0,02	50 кВ*	—	—	0,09
Совтол	1540	10^{11}	4,5	0,01	50 кВ*	—	—	—
Текстолит	1375	10^{9}	7	0,07	10	60	90	0,15
Фибра листовая	1100	10^{10}	—	—	7	7	10	1,3
Фторопласт	2140	10^{16}	2,8	0,0001	30	35	70	0,07
Электрофарфор	2200	10^{11}	7	0,023	38	40	80	1,5
Эпоксидная смола (ЭД-20)	—	10^{11}	—	0,015	45	—	—	—

* В стандартном разряднике

Таблица 1.8

Характеристика металлических проводниковых материалов

Наименование материала	Удельный вес, г/см^3	Θ плавления,°С	Удельное сопротивление, Ом·мм^2/м	Область применения
Алюминий	2,7	660	0,026–0,028	Провода, кабели, шины
Альдрей	2,7	1100	0,030–0,032	То же
Бронза	8,3–8,9	900–1000	0,021–0,05	Кадмиевая для контактов, фосфоритовая — для пружин
Вольфрам	19–20	3400	0,054	Нити ламп накаливания, нагревостойкие электроды в лампах, контакты
Золото	19,3	1063	0,022	Контакты в сплавах с серебром
Латунь	8,4–8,7	960	0,031–0,079	Контакты, зажимы
Медь	8,7–8,9	1083	0,017–0,018	Провода, кабели, шины
Молибден	10,2	2600	0,050	Электровакуумная техника (аноды, крючки и сетки электронных ламп)
Никель	8,9	1452	0,07–0,08	Катоды, аноды, сетки электронных ламп
Олово	7,3	232	0,002–0,12	Припои при лужении и пайке. Фольга для электродов
Платина	21,4	1773	0,09–0,1	Термопары, нагреватели печей, контакты электроприборов
Ртуть	13,3	–38,9	0,958	Электроды в терморегуляторах и выпрямителях
Сталь	7,8	1500	0,10–0,14	Провода, кабели и шины, конструкционный материал
Серебро	10,5	960	0,016	Контакты приборов и аппаратов
Свинец	11,34	327	0,22	Вставки предохранителей, пластины аккумуляторов, защитные оболочки кабелей
Цинк	7,1	430	0,054–0,062	Антикоррозионные покрытия, контакты
Чугун	7,2–7,6	1200	0,40–0,50	Сопротивление реостатов. Конструкционный материал

Таблица 1.9

Характеристика сплавов высокого удельного сопротивления

Наименование сплава	Плотность, г/см³	Температура плавления Θ,°С	Удельное сопротивление при 20°С, Ом·мм²/м	Температурные коэффициенты		Наибольшая рабочая температура, град	Область применения
				сопротивление при 20°С	линейного расширения		
Константан	8,8	1265	0,45–0,50	$5\cdot10^{-6}$	$(1{,}2–1{,}4)\cdot10^{-5}$	450	Реостаты и добавочные сопротивления приборов низкого класса точности, нагрева тельные элементы с температурой до 450°. Термоэлектроды в паре с медью и железом
Манганин	8,1–8,4	950	0,45–0,50	$(3–6)\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-5}$	250–300	Эталонные и образцовые сопротивления, магазины сопротивления высокого класса точности
Нейзильбер	8,3–8,5	1050	0,30–0,45	$30\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	200–250	Реостаты
Нихром (Х25Н60)	8,2	1380	1,1	$0{,}17\cdot10^{-3}$	$1{,}3\cdot10^{-5}$	1000	Лабораторные и промышленные печи с рабочей температурой до 900°
Нихром (Х20Н80)	8,4	1400	1,2	$0{,}15\cdot10^{-5}$	$1{,}5\cdot10^{-5}$	1050	То же с рабочей температурой до 1000°
Фехраль (Х13Ю14)	7,3	1460	1,25	$0{,}05\cdot10^{-5}$	$1{,}5\cdot10^{-5}$	850	Бытовые нагревательные приборы и промышленные печи с рабочей температурой до 650°
Нихром (Х200Т)	8,0	1525	1,5	$0{,}14\cdot10^{-3}$	$1{,}5\cdot10^{-5}$	1200	Промышленные печи с рабочей температурой до 1150°
Нихром (Х20Н80Т3)	8,0	1525	1,25	$0{,}08\cdot10^{-3}$	$1{,}4\cdot10^{-3}$	1200	
(ЭИ595)	7,27	—	1,38	$0{,}07\cdot10^{-3}$	—	1200	Промышленные печи
(ЭИ626)	7,2	—	1,43	$0{,}035\cdot10^{-3}$	—	1300	
Хромель	7,1	1500	1,45	$0{,}04\cdot10^{-3}$	$1{,}4\cdot10^{-5}$	1200	

Таблица 1.10

Материалы для контактов

Наименование материала	Плотность, г/см^3	Θ плавления,°С	Предельный ток при 110 В, А	Характеристика контактов	Область применения
Вольфрам	19,1–20,1	3400	1,7	Не свариваются, малая эрозия, требуют больших контактных давлений (0,6—1 кг)	Реле, регуляторы, магнето и другие аппараты с большой частотой включения
Вольфрам–молибден	19,1–20,1	3000–3100	1,7		То же при большой частоте включения и больших токах
Вольфрам–никель	19,1–20,1	1500	1,7		
Молибден	10,2	2500	0,5		Магнето, регуляторы, впрямители
Медь	8,7–8,8	1083	0,5	Умеренная эрозия, свариваются, тускнеют и окисляются	Выключатели большой мощности в воздушной среде и минеральном масле
Платина–иридий	21,6	1780	0,6–0,7	Малая эрозия, большое сопротивление, коррозия	Особо ответственные контакты, реле для термостатов
Серебро	10,5	960	0,6	Свариваемость и эрозия при больших токах	Широко применяемый материал в аппарат малой мощности
Серебро–кадмий	10,3	900	0,6	Не свариваются, равномерный износ	Пускатели, выключатели большой мощности
Серебро–медь	10,3	965	—	Значительно тверже серебра и значительная устойчивость износа	Реле и аппараты для автомобильного и самолетного оборудования
Серебро–платина	—	720	—		
Серебро–окись кадмия	9,3	900	—	Очень высокая твердость, допускают большие токи. Не свариваются и имеют малый износ	Контакты в электрических аппаратах большой мощности (контакторы, выключатели, сварочные аппараты)

Таблица 1.11

Приближенные величины токов плавления проволоки различных сечений из разных металлов

Ток плавления, А	Диаметр проволоки, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Сталь	Олово	Свинец
1	0,039	0,066	0,065	0,132	0,183	0,210
5	0,180	0,193	0,250	0,345	0,530	0,600
10	0,250	0,305	0,390	0,550	0,850	0,950
15	0,320	0,4400	0,520	0,720	1,02	1,25
20	0,390	0,485	0,620	0,870	1,35	1,52
25	0,460	0,500	0,730	1,000	1,56	1,75
30	0,52	0,64	0,81	1,15	1,77	1,98
40	0,63	0,77	0,99	1,38	2,14	2,44
50	0,73	0,89	1,15	1,60	2,45	2,78
60	0,82	1,00	1,30	1,80	2,80	3,15
70	0,91	1,10	1,43	2,00	3,10	3,50
80	1,00	1,22	1,57	2,20	3,40	3,80
90	1,008	1,32	1,69	2,38	3,65	4,10
100	1,15	1,42	1,82	2,55	3,90	4,40
120	1,31	1,60	2,05	2,85	4,45	5,00
160	1,59	1,94	2,28	3,20	4,90	5,50
180	1,72	2,10	2,69	3,70	5,80	6,50
200	1,84	2,25	2,89	4,05	6,26	7,00
225	1,99	2,45	3,15	4,40	6,75	7,60
250	2,14	2,60	3,35	4,70	7,25	8,10
275	2,20	2,80	3,55	5,00	7,70	8,70
300	2,40	2,95	3,78	5,30	8,20	9,20
Длина проволоки принята 5–10 см в зависимости от диаметра						

Таблица 1.12

Электрические характеристики электроизоляционных материалов

Наименование материала	Удельный вес, г/см^3	Электрическая прочность, кВ/мм при 20°С	Удельное сопротивление, Ом·см	Класс нагревостойкости	Область применения
Асбест	2,3–2,6	2,4–4,6	10^{10}	В	Электромашино- и аппаратостроение, изоляция проводов

Наименование материала	Удельный вес, г/см^3	Электрическая прочность, кВ/мм при 20°С	Удельное сопротивление, Ом·см	Класс нагревостойкости	Область применения
Бакелит (гетинакс)	1,2–1,3	10–40	10^{10}–10^{12}	А	Электромашино- и аппаратостроение
Бумага телефонная	0,8	6–9	10^{11}–10^{13}	А	Изоляций обмоток и кабелей
Битум	1,0	25	10^{14}	А	
Дерево:					
дуб	0,9	4–7	10^{12}	А	Электромашино- и аппаратостроение
береза	0,69	3–5	10^{10}	А	
бук	0,73	5–6	10^{11}	А	
Канифоль	1,0–1,3	10–15	10^{11}–10^{14}	А	
Карболит	1,3	13	$5 \cdot 10^{12}$	В	
Лакоткани	1,1–1,35	20–70	10^{12}–10^{13}	А, В	Электромашиностроение
Миканит	2,2	15–20	10^{15}	В	Электромашино- и аппаратостроение
Мрамор	2,7	3,5–5,5	10^{9}–10^{10}	В, С	
Масло трансформаторное	0,85–0,89	15–20	10^{12}–10^{13}	С	
Парафин	0,85–0,92	15–30	10^{15}–10^{16}	—	
Пробка	0,16–0,4	—	—	—	
Пресшпан	0,9–1,3	8–10	10^{9}–10^{13}	А, В	
Пряжа хлопчатобумажная	1,0	3–5	—	А	Провода
Полихлорвинил	1,2–1,6	6–15	10^{12}–10^{14}	А, В	
Резина	1,7–2,0	15–25	10^{14}–10^{16}	А	Провода
Слюда	2,7–2,9	100–175	10^{14}–10^{15}	В, С,	Электромашино- и аппаратостроение
Стекло	2,5–2,7	10–40	10^{11}–10^{15}	С	
Фибра	1,2–1,4	4–11	10^{10}	В	
Фарфор	2,3–2,7	6,0–10,0	10^{14}–10^{15}	С	
Шеллак	1,0	15,0	10^{15}–10^{16}	В	
Шифер	2,7–2,9	0,5–1,5	10^{8}–10^{9}	С	
Целлулоид	1,45	10–15	$2 \cdot 10^{10}$	В	
Эбонит	1,15–1,3	8–10	10^{17}–10^{18}	В	

Таблица 1.13

Жаростойкие и жароупорные сплавы высокого сопротивления

<table>
<tr><th rowspan="2">Марка сплава</th><th rowspan="2">Оптимальная рабочая t,°C</th><th colspan="2">Лента холоднокатаная</th><th colspan="2">Сортовой прокат горячекатаный</th><th>Проволока холоднотянутая</th><th>Прутки горячекатаные</th></tr>
<tr><th>Толщина, мм</th><th>Ширина, мм</th><th>Диаметр, мм</th><th>Сторона квадрата, мм</th><th colspan="2">Днаметр, мм</th></tr>
<tr><td>Х13Ю4</td><td>900</td><td rowspan="5">0,2–3,2</td><td rowspan="5">6–80</td><td rowspan="5">1,2–3,2</td><td rowspan="5">20–200</td><td>0,2–7,5</td><td rowspan="2">13–30</td></tr>
<tr><td>Х15Ю5</td><td>950</td><td>2,0–7,5</td></tr>
<tr><td>Х23Ю5Т</td><td>1350</td><td rowspan="2">0,3–7,5</td><td rowspan="4">13–25</td></tr>
<tr><td>Х23Ю5</td><td>1150</td></tr>
<tr><td>Х27Ю5Т</td><td>1300</td><td>0,5–5,5</td></tr>
<tr><td>Х25Н20</td><td>900</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>0,2–7,5</td></tr>
<tr><td>Х15Н60</td><td>950</td><td rowspan="4">0,1–3,2</td><td rowspan="4">6–250</td><td rowspan="4">0,1–3,2</td><td rowspan="4">6–250</td><td>0,3–7,5</td><td rowspan="4">13–16</td></tr>
<tr><td>Х15Н60-Н</td><td>1050</td><td>0,1–7,5</td></tr>
<tr><td>Х20Н80</td><td>1050</td><td>0,4–7,5</td></tr>
<tr><td>Н20Н80-Н</td><td>1150</td><td>0,1–7,5</td></tr>
<tr><td>ХН70Ю</td><td>1175</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>5</td><td>1–7</td><td>13–25</td></tr>
</table>

Примечания:

1. Холоднокатаная лента выпускается следующей ширины, мм: 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16; 18; 20; 25; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 60; 80
2. Удельное эл. сопротивление при 20°С, Оммм^2/м: Х23Ю4 1,18–1,34; Х15Ю5 1,24–1,34; Х23Ю5 1,3–1,4; Х23Ю5Т 1,34–1,45; Х27Ю5Т 1,37–1,47; Х25Н20 0,83–0,96; Х15Н60 1,06–1,16 (диаметром до 3 мм); З15Н60-Н 1,07–1,17 (диаметром выше 3 мм); Х20Н80 1,04–1,15 (диаметром до 3 мм); Х20Н80-Н 1,06–1,17 (диаметром выше 3 мм); ХН70Ю 1,25–1,35
3. Обозначение элементов, входящих в состав сплавов: Н — никель, Х — хром, Ю — алюминий, Т — титан; число после букв — примерное содержание данного элемента, % по массе

Таблица 1.14

Значения влагопоглощаемости и нормируемой температуры основных электроизоляционных материалов

Материал	Влагопоглощаемость за 24 ч, %	Нормируемая температура,°С
Асбест	2–4	600 (наибольшая допустимая)
Асбоцемент	15–20	250 (нагревостойкость)
Битумы	—	30–130 (размягчение)
Бумаги	7–10	110 (нагревостойкость)
Гетинакс	2	150–180 (нагревостойкость)
Лакоткани	3,6–8	105 (нагревостойкость)
Масло трансформаторное	—	135–145 (вспышка)
Текстолит	2	135–150 (нагреваемость)

При ремонтных и электромонтажных работах широко применяют электроизоляционные лаки и лакоткани. К числу наиболее распространенных относятся: битумно-покровный лак БТ577 (бывший № 177), масляно-битумные БТ987 и ТБ98.0, глифталево-масляный ГФ-95, электроизоляционные и полупроводящие ленты ЛХМ и ЛСК, особенно ленты на основе кремнийорганических каучуков марок ЛЭТСАР-А и ЛЭТСАР-Б (электроизоляционная, термостойкая, самосклеивающаяся). Эти ленты имеют высокие электрические и физико-механические свойства — повышенную теплоустойчивость (до 150°С) и устойчивость к воздействию агрессивных сред.

Таблица 1.15

Электроизоляционные лаки

Наименование, марка	Растворитель и разбавитель	Общая характеристика и область применения
Лак электроизоляционный пропиточный БТ-987	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Влаго- и теплостойкий, противостоит слабым кислотам и щелочам, немаслостойкий. Применяется для пропитки секций машин, катушек аппаратов и покраски бетонных реакторов
То же, БТ-988		
То же, БТ-980		То же, но для покрытия и пропитки обмоток электрических машин и катушек аппаратов, работающих в воздухе с повышенной влажностью
Лак электроизоляционный покровный БТ-99	Ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Прочный, эластичный, не маслостойкий, влагоупорный. Применяется при изготовлении составной изоляции, склейке якорей, для покрытия пропитанных обмоток статоров
Лак электроизоляционный пропиточный ГФ-95	Толуол, ксилол, сольвент или смесь одного из них с уайт-спиритом (1 : 1)	Масло- и влагостойкий, механически прочный. Применяется для пропитки обмоток машин, аппаратов, трансформаторов, лакотканей и бумаги с изоляцией класса нагревостойкости В
Лак электроизоляционный пропиточный ФЛ-97	Ксилол, толуол или сольвент	Масло-, термо- и влагостойкий. Для пропитки обмоток электродвигателей с изоляцией класса нагревостойкости В

Окончание таблицы 1.15

Наименование, марка	Растворитель и разбавитель	Общая характеристика и область применения
Лак электроизоляционный МЛ-92	Толуол, ксилол или смесь одного из них с уайт-спиритом (3 : 1)	Масло- и нагревостойкой. Применяется для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов и изоляционных деталей класса нагревостойкости В
Лаки бакелитовые ЛБС-1 и ЛБС-2	Спирт этиловый, денатурат или сырец	Масло- и теплостойкие. Применяются для склейки, пропитки и покрытия бакелитовых изделий

Таблица 1.16

Электроизоляционные лакоткани

Вид и марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Характерные свойства и условия применения
Масляная хлопчатобумажная ЛХМ-105	0,15; 0,17; 0,2; 0,24; 0,3	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная хлопчатобумажная ЛХМС-105	0,17; 0,2	С повышенными электрическими свойствами. Применение то же. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная хлопчатобумажная ЛХММ-105	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем трансформаторном масле
Битумно-масляная хлопчатобумажная ЛХБ-105	0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная шелковая ЛШМ-105	0,8; 0,1; 0,12	С малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры. Применение то же
Масляная шелковая ЛШМС-105	0,06; 0,1; 0,12; 0,15	То же, с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная капроновая ЛКМ-105	0,1; 0,12; 0,15	С повышенной эластичностью, для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
То же ЛКМС-105	0,1; 0,12; 0,15	То же с повышенными электрическими свойствами. Допускается работа в трансформаторном масле
Масляная ЛСМ-102/120	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при нормальных климатических условиях
Масляная ЛСММ-105/120	0,17; 0,2; 0,24	Маслостойкая. Для работы в горячем (до 105°С) трансформаторном масле
Битумно-масляная алкидная ЛСБ-120/130	0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24	Для работы на воздухе при повышенной влажности (относительная влажность 95 ± 2 % при 20 ± 2°С)
Полиэфирно-эпоксидная ЛСП-130/155	0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17	
Кремнийорганическая резиновая ЛСКР-180	0,12; 0,15; 0,2	
Кремнийорганическая пигментированная ЛСК-1, ЛСК-2	0,12; 0,15; 0,2	Для работы на воздухе при температуре до 180°С и повышенной влажности (включая тропическую)
ЛСК-5	0,12; 0,15; 0,2	Полупроводящая, для работы на воздухе при температуре до 180°С
Эскапоновая с липким слоем ЛСЭП, ЛСЭПЛМ	0,14; 0,17; 0,19	Применяются для изоляции электрических машин и аппаратов взамен микаленты, липкий слой нанесен с двух сторон

Вид и марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Характерные свойства и условия применения
Кремнийорганическая липкая ЛСКЛ-155	0,12; 0,15	Хорошо склеивается при нагревании, класс нагревостойкости *F*
Полиэфирноэпоксидная самосклеивающаяся, термореактивная ЛСТР	0,16; 0,18; 0,2	Применяются для основной изоляции электрических машин низкого напряжения, класс нагревостойкости *F*
Кремнийорганическая самослипающаяся резиностеклоткань ЛЭТАР-А, ЛЭТСАР-Б	0,25	Самосклеивается при нормальной температуре 20–25°С, а также при нагревании в течение 3 при 150°С, класс нагревостойкости *H*

1.5. Необходимые сведения по электрическим измерениям

Общие положения

В системах электроснабжения измеряют ток (I), напряжение (U), активную и реактивную мощности (P, Q), электроэнергию (Ph, Qh или $W_а$, $W_р$), активное, реактивное и полное сопротивление (R, X, Z), частоту (f), коэффициент мощности ($\cos\varphi$); при энергоснабжении измеряют температуру (Θ), давление (p), расход энергоносителя (G), тепловую энергию (E), перемещение (X) и др.

В условиях эксплуатации обычно используют методы непосредственной оценки для измерения электрических величин и нулевой — для неэлектрических величин.

Электрические величины измеряют электроизмерительными приборами, представляющими собой устройство (прибор), предназначенное для измерения, например, напряжения, тока, сопротивления, мощности и т.д.

По принципу действия и конструктивным особенностям приборы бывают: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, индукционные, вибрационные и другие. Электроизмерительные приборы классифицируются также по степени защищенности измерительного механизма от влияния внешних магнитных и электрических полей на точность его показаний, по способу создания противодействующего момента, по характеру шкалы, по конструкции отсчетного устройства, по положению нулевой отметки на шкале и другим признакам.

На шкале электроизмерительных приборов нанесены условные обозначения, определяющие систему прибора, его техническую характеристику.

Измерение электрической энергии, вырабатываемой генераторами, или потребляемой потребителями, осуществляется счетчиками.

Для измерения электрической энергии переменного тока в основном применяют счетчики с измерительным механизмом индукционной системы и электронные. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называют *погрешностью измерения*.

Точность измерения — качество измерения, отражающее близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малой погрешности.

Погрешность измерительного прибора — разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

Результат измерения — значение величины, найденное путем ее измерения.

При однократном измерении показание прибора является результатом измерения, а при многократном — результат измерения находят путем статистической обработки результатов каждого наблюдения. По точности результатов измерения подразделяют на три вида: *точные* (прецизионные), результат которых должен иметь минимальную погрешность; *контрольно-поверочные*, погрешность которых не должна превышать некоторого заданного значения; *технические*, результат которых содержит погрешность, определяемую погрешностью измерительного прибора. Как правило, точные и контрольно-поверочные измерения требуют многократных наблюдений.

По способу выражения погрешности средств измерений разделяют на: абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность ΔA — разность между показанием прибора A и действительным значением измеряемой величины Aд.

$$\Delta A = A - A_{\text{д}}.$$

Относительная погрешность β_A — отношение абсолютной погрешности ΔA к значению измеряемой величины A, выраженное в процентах:

$$\beta_A = \pm \frac{\Delta A}{A} 100.$$

Приведенная погрешность γ (в процентах) — отношение абсолютной погрешности ΔA к нормирующему значению $A_{\text{ном}}$:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} 100.$$

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений. Для приборов с двухсторонней шкалой, т. е. с отметками шкалы, расположенными по обе стороны от нуля, оно равно арифметической сумме конечных значений диапазона измерений. Для приборов с логарифмической или гиперболической шкалой нормирующее значение равно длина всей шкалы.

Таблица 1.17

Классы точности* средств измерений

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5**	0,5**
2,5	0,5	1,0	1,0***

* Класс точности численно равен наибольшей допустимой приведенной основной погрешности, выраженной в процентах
** Допускается 1,0
*** Допускается 3,0

Средств измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям (ПУЭ):

- класс точности измерительных приборов должен быть не хуже 2,5;
- классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в табл. 2,17;
- пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

Учет активной электрической энергии должен обеспечивать определение количества энергии: выработанной генераторами ЭС; потребленной на собственные и хозяйственные нужды (раздельно) ЭС и ПС; отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин ЭС непосредственно к потребителям; переданной в другие энергосистемы или полученной от них; отпущенной потребителям из электрической сети. Кроме того, учет активной электрической энергии должен обеспечивать возможность: определения поступления электрической энергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы; составления балансов электрической энергии для хозрасчетных подразделений энергосистемы; контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электрической энергии.

Учет реактивной электрической энергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электрической энергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

Измерение постоянного тока в цепях: генераторов постоянного тока и силовых преобразователей; АБ, зарядных, подзарядных и разрядных устройств; возбуждения СГ, СК, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

В цепях трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

- для ТГ 12 МВт и более;
- для ВЛ с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме;
- в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы ВЛ 220 кВ и выше с трехфазным управлением; для дуговых электропечей.

Измерение напряжения должно производиться:

1. На секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать раздельно. Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения. На ПС напряжение допускается измерять только на стороне НН, если установка ТН на стороне ВН не требуется для других целей.
2. В цепях генераторов постоянного и переменного тока, СК, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или других агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна.

3. В цепях возбуждения СМ от 1 МВт и более.
4. В цепях силовых преобразователей, АБ, зарядных и подзарядных устройств.
5. В цепях дугогасящих катушек.

В трехфазных сетях производится измерение, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжения одним прибором (с переключением).

Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин ПО кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) ЭС и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

Контроль изоляции. В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением). Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

Измерение мощности:

1. Генераторов активной и реактивной мощности.

При установке на ТГ 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не ниже 1,0.

ЭС 200 МВт и более — суммарной активной мощности.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность ЭС менее 200 МВт при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления.

2. Конденсаторных батарей 25 Мвар и более и СК реактивной мощности.
3. Трансформаторов и линий, питающих с. н. 6 кВ и выше ЭС, активной мощности.
4. Повышающих двухобмоточных трансформаторов ЭС — активной и реактивной. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки НН) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны СН и НН. Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны НН следует производить в цепи генератора.

5. Понижающих трансформаторов 220 кВ и выше — активной и реактивной, 110–150 кВ — активной мощности.В цепях понижающих двухобмоточых трансформаторов измерение мощности должно производиться со Стороны НН, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов — со стороны СН и НН. На ПС 110–220 кВ без выключателей на стороне ВН измерение мощности допускается не выполнять.
6. Линий 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей — активной и реактивной мощности.
7. На других элементах ПС, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

Должна производиться регистрация: активной мощности ТГ 60 МВт и более; суммарной мощности ЭС (200 МВт и более).

Измерение частоты:

1. На каждой секции шин генераторного напряжения.
2. На каждом ТГ блочной ЭС или АЭС.
3. На каждой системе (секции) шин ВН ЭС.
4. В узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться: на ЭС 200 МВт и более; на ЭС 6 МВт и более, работающих изолированно.

Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на ЭС, участвующих в регулировании мощности, должно быть не более ±0,1 Гц.

Измерения при синхронизации. Для измерения при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроноскоп.

Регистрация электрических величин в аварийных режимах. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистем должны предусматриваться автоматические осциллографы. Расстановка автоматических осциллографов на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров производятся по указаниям ПУЭ.

Для определения мест повреждений на ВЛ ПО кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы.

Таблица 1.18

Характеристика измерительных приборов

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
	Магнитоэлектрический (М)	—	$\alpha = CI$	A, V	C — постоянная
	Логометр (М)	—	$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$	R	I_1, I_2 — токи катушек
	Электромагнитный (Э)	≂	$\alpha = F(\alpha)I^2$	A, V	I_1, I_2 — токи катушек $\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$
	Логометр (Э)	≂	$F(\alpha) = \frac{I_1}{I_2}$	φ	
	Электродинамический (Д)	≂	$\alpha = F(\alpha)I^2$ $\alpha = F(\alpha)I_1I_2\cos\psi$	A, V, P	I_1, I_2 — токи катушек $\psi_1 = (\bar{I}_1, I)$ $\psi_2 = (\bar{I}_2, I)$ I — ток неподвижной катушки
	Логометр (Д)	≂	$F(\alpha) = \frac{I_2\cos\psi_2}{I_1\cos\psi_1}$	A, V, P	
	Ферродинамический (Д)	≂	$\alpha = CI_1I_2\cos\varphi$	A, V, P	I_1, I_2 — токи катушек $\varphi = (\bar{I}_1, \bar{I}_2)$ $\psi_1 = (\bar{I}_1, I)$ $\psi_2 = (\bar{I}_2, I)$ I — ток неподвижной катушки
	Логометр (Д)	≂	$F(\alpha) = \frac{I_2\cos\psi_2}{I_1\cos\psi_1}$		
	Индукционный (И)	≂	$N = C \cdot \mathrm{Ph}$	Ph, Qh	N — обороты диска
	Логометр (И)	≂	$N = C \cdot \mathrm{Qh}$	P, Q	

Обозначение	Тип прибора	Вид тока	Преобразование	Как используется	Примечание
	Электростатический (С)		$\alpha = F(\alpha)U^2$	V	
	Тепловой (Т)		$\alpha = CI^2$	A, V	—
	Выпрямительный (В)		$\alpha = CI$	A, V	

Краткая характеристика измерительных приборов

Современные промышленные предприятия и жилищно-коммунальные хозяйства характеризуются потреблением различных видов энергии: электроэнергии, тепла, газа, сжатого воздуха и др. Для наблюдения за режимом потребления энергии необходимо измерять и регистрировать электрические и неэлектрические величины с целью дальнейшей обработки информации.

В электроснабжении измеряют ток (I), напряжение (U), активную и реактивную мощности (P, Q), электроэнергию (W), активное, реактивное и полное сопротивления (R, X, Z), частоту (f), коэффициент мощности ($\cos\varphi$); в энергоснабжении — температуру (Θ), давление (p), расход энергоносителя (G), тепловую энергию (E), перемещение (X) и др.

Номенклатура приборов, используемых в энергоснабжении для измерения электрических и неэлектрических величин, весьма разнообразна как по методам измерений, так и по сложности преобразователей. Наряду с методом непосредственной оценки часто используют нулевой и дифференциальный методы, повышающие точность.

Ниже дана краткая характеристика измерительных приборов по принципу действия.

Магнитоэлектрические приборы имеют высокую чувствительность, малое потребление тока, плохую перегрузочную способность, высокую точность измерений. Их показания зависят от температуры окружающей среды. Амперметры и вольтметры имеют линейные шкалы, и используются часто как образцовые приборы, имеют малую чувствительность к внешним магнитным полям, однако чувствительны к ударам, вибрации.

Электромагнитные приборы имеют невысокую чувствительность, значительное потребление тока, хорошую перегрузочную способность, невысокую точность измерений. Шкалы не линейны и линеаризуются в верхней части специальным выполнением механизма. Чаще используются как щитовые технические приборы, просты и надежны в эксплуатации; чувствительны к внешним магнитным полям. Электромагнитные приборы могут измерять как постоянные, так и переменные токи и напряжение. При этом они реагируют на среднее квадратическое (действующее) значение переменного сигнала независимо от формы сигнала (в пределах сравнительно неширокого частотного диапазона).

Электродинамические и *ферродинамические* приборы обладают невысокой чувствительностью, большим потреблением тока, чувствительностью к перегрузкам, высокой точностью. У амперметров и вольтметров — нелинейные шкалы. Важной положительной особенностью являются одинаковые показания на постоянном и переменном токах, что позволяет поверять их на постоянном токе.

Приборы индукционной системы характеризуются невысокой чувствительностью, существенным потреблением тока, нечувствительностью к перегрузкам. Преимущественно они служат счетчиками энергии переменного тока. Такие приборы выпускаются одно-, двух- и трехэлементными для работы в цепях однофазных, трехфазных трехпроводных, трехфазных четырехпроводных. Для расширения пределов используются трансформаторы тока и напряжения.

Электростатические приборы имеют невысокую чувствительность, но чувствительны к перегрузкам и служат для измерения напряжения на постоянном и переменном токах. Для расширения пределов используются емкостные и резистивные делители. Электростатические вольтметры имеют малое потребление, широкий диапазон частот измерения; просты и надежны.

Термоэлектрические приборы характеризуются низкой чувствительностью, большим потреблением тока, низкой перегрузочной способностью, невысокой точностью и нелинейностью шкалы, а также невысоким быстродействием. Однако их показания не зависят от формы тока в широком диапазоне частот. Для расширения пределов амперметров используют высокочастотные трансформаторы тока. Приборы могут работать как с постоянными, так и с переменными токами и напряжениями.

Выпрямительные приборы характеризуются высокой чувствительностью, малым потреблением тока, небольшой перегрузочной

способностью, линейностью шкалы. Показания приборов зависят от формы тока. Используются они в качестве амперметров и вольтметров, которые реагируют на среднее выпрямленное значение переменного сигнала, а не на действующее (которое чаще всего требуется). Градуируются они обычно в действующих значениях для частного случая синусоидального сигнала. При работе с несинусоидальными сигналами возможны большие погрешности измерения.

Цифровые электронные измерительные приборы преобразуют аналоговый входной сигнал в дискретный, представляя его в цифровой форме с помощью цифрового отсчетного устройства (ЦОУ) и могут выводить информацию на внешнее устройство — дисплей, цифропечать. Преимуществами цифровых измерительных приборов (ЦИП) являются:

- автоматический выбор диапазона измерения;
- автоматический процесс измерения;
- вывод информации в коде на внешние устройства;
- представление результата измерений с высокой точностью.

1.6. Степени защиты электрооборудования

Стандарт распространяется на электротехнические изделия с напряжением не выше 72,5 кВ и устанавливает степени защиты, обеспечиваемые оболочками.

Степени защиты электротехнических изделий обозначают символом: IP11, где IP — начальные буквы: International Protection, первая цифра — характеристика защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, и попадания внутрь твердых посторонних тел; вторая цифра — характеристика защиты от проникновения воды.

Если для изделия требуется указать степень защиты только одной цифрой, то пропущенную цифру заменяют буквой X например IPX5, IP2X и т.д.

Степени защиты оболочек электрических машин: IP00 IP01 IP10, ТРИ, IP12, IP13, IP20, IP21, IP22, IP23, IP43, IP44, IP54, IP55, IP56.

Степени защиты силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и электрических реакторов, предназначенных для работы в электрических устройствах и сетях переменного тока частотой 50 Гц: IP00, IP10, IP11, IP13, IP20, IP21, IP22, IP23, IP30, IP31, IP32, IP33, IP34, IP41, IP43, IP44, IP54, IP55, IP65, IP66.

Степени защиты оболочек электрических аппаратов до 1 кВ: IP00, IP10, IP11, IP12, IP20, IP21, IP22, IP23, IP30, IP31, IP32, IP33, IP34, IP40, IP41, IP42, IP43, IP44, IP50, IP51, IP54, IP55, IP56, IP60, IP65, IP66, IP67, IP68.

Эти указания не распространяются на оболочки электрических машин и аппаратов, предназначенных для работы во взрывоопасной среде и в особых климатических условиях, а также на оболочки электробытовых приборов.

Таблица 1.19

Степени защиты

Первая цифра	Краткое описание	Определение
От соприкосновения и попадания твердых посторонних сил		
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером >50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например, руки, и твердых тел размером >50 мм
2	Защита от твердых тел размером >12 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм и твердых тел размером >12 мм
3	Защита от твердых тел размером >2,5 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т. д. диаметром или толщиной >2,5 мм и твердых тел размером >2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером >1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером >1 мм
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью. Однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью
От проникновения воды		
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от капель воды при наклоне до 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие

Первая цифра	Краткое описание	Определение
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем
При степени защиты 8 для некоторых типов изделий допускается проникновение воды внутрь оболочки, но без нанесения вреда изделию.		

1.7. Климатические условия и температурные режимы работы электрооборудования

1. Категории исполнения (укрупненные) изделий для эксплуатации в различных климатических районах:

   Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного климатического района).
2. Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах) где колебания *t* и влажности воздуха несущественно отличаются от колебании на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочках комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков).
3. Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания *t* и влажности воздуха и воздействия песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).
4. Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и др., в том числе хорошо вентилируемых подземных

помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги.

5. Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в т. ч. в шахтах, подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и др. помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности в некоторых трюмах, некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.).

Группы условий эксплуатации по коррозионной активности атмосферы для металлов и сплавов без покрытий, а также с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями:

Обозначение группы условий эксплуатации	1	3	5
Категория изделий или категория размещения деталей (поверхностей)	2, 3*, 4	1**, 2, 3	1
Исполнение изделий	У, УХЛ (ХЛ)	У, УХЛ (ХЛ)	У, УХЛ (ХЛ)
Старое обозначение групп условий эксплуатации	Л	С3, С2	Ж1, Ж2

* Только для деталей, размещенных в оболочках изделий с естественной или искусственной вентиляцией

** Только для изделий, специально предназначенных для эксплуатации в атмосфере типа I

Л — легкая, С — средняя, Ж — жесткая

Таблица 1.20

Характеристика климатов климатических районов

Категория исполнения изделия	Значения *t* воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха при эксплуатации	
	рабочие			предельные		Среднемесячное значение в наиболее теплый и влажный период при +20°С, %	Продолжительность воздействия, мес
	верхнее	нижнее	среднее	верхнее	нижнее		
Умеренный климат (У)*							
1	+40	–45	+10	+45	–50	80	6
2	+40	–45	+10	+45	–50	80	6
3	+40	–45	+10	+45	–50	80	6
5	+35	–5	+10	+35	–5	90	12

Категория исполнения изделия	Значения *t* воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха при эксплуатации	
	рабочие			предельные		Среднемесячное значение в наиболее теплый и влажный период при +20°С, %	Продолжительность воздействия, мес
	верхнее	нижнее	среднее	верхнее	нижнее		
Умеренный и холодный климат (УХЛ)							
1	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
2	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
3	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
4	+35	+1	+20	+40	+1	65	12
5	+35	–10	+10	+35	–10	90	12
Холодный климат (ХЛ)**							
1	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
2	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
3	+40	–60	+10	+45	–60	80	6
5	+35	–10	+10	+35	–10	90	12

* Изделия в исполнениях У и УХЛ могут эксплуатироваться в теплой и жаркой зонах, в которых средняя из ежегодных абсолютных максимумов t воздуха выше 40°С и (или) сочетание t, равной 20°С или выше, и относительной влажности, равной 80% или выше, наблюдается более 12 ч в сутки за непрерывный период более 2 мес в году.

** Если основным назначением изделий является эксплуатация в районе с холодным климатом и экономически нецелесообразно их использование вне пределов этого района, вместо обозначения УХЛ рекомендуется обозначать ХЛ.

Для поверхностей, подвергаемых нагреву солнцем, верхнее и среднее значение рабочей и предельной t должны приниматься выше, чем указано в таблице для изделий категории I, на следующие значения: для поверхностей, имеющих белый или серебристо-белый цвет, на 15°С; для поверхностей, имеющих иной, кроме белого или серебристо-белого, цвет, на 30°С.

Таблица 1.21

Категории исполнения электротехнических изделий в зависимости от места размещения

Категория исполнения изделия	Характеристика места размещения
1	На открытом воздухе
2	Под навесом или в открытых (с доступом наружного воздуха) помещениях
3	В закрытых помещениях с естественной вентиляций без искусственного регулирования климатических условий
4	В помещениях с искусственным регулированием климатических условий
5	В помещениях с повышенной влажностью (шахты, подвалы и т. п.)

Таблица 1.22

Климатические исполнения электротехнических изделий

Климатическое исполнение	Характеристика климата
У	Умеренный
УХЛ	Умеренный и холодный
ХЛ	Холодный
ТВ	Тропический влажный
ТС	Тропический сухой
Т	Тропический как сухой, так и влажный
О	Любой климат на суше, кроме очень холодного климата
М	Умеренно холодный морской
ТМ	Тропический морской
ОМ	Любой морской климат
В	Любой климат, кроме очень холодного

Таблица 1.23

Допустимые превышения *t* отдельных элементов трансформатора или трансформатора с жидким диэлектриком над *t* охлаждающей среды (воздуха или воды) при испытаниях на нагрев (на ответственном ответвлении)

Элементы трансформатора	Превышение *t*, °С
Обмотки (класс нагревостойкости изоляции А):	
при естественной или принудительной циркуляции с ненаправленным потоком масла через обмотку	65
при принудительной циркуляции с направленным потоком масла через обмотку	70
Масло или другой жидкий диэлектрик в верхних слоях:	
исполнение герметичное или с расширителем	60
исполнение негерметичное без расширителя	55
Поверхность магнитной системы и элементов металлоконструкций	75
Примечания: 1. Превышение *t* обмоток определяют методом измерения их сопротивления постоянному току (средние превышения *t* обмоток) 2. Превышения *t* верхних слоев масла и другого жидкого диэлектрика для трехобмоточных трансформаторов относятся к сочетанию нагрузок с наибольшими суммарными потерями, а превышение *t* каждой отдельной обмотки должны рассматриваться для сочетания нагрузок, которые являются наиболее жесткими для рассматриваемой обмотки	

Таблица 1.24

Допустимые превышения *t* отдельных элементов сухого трансформатора над *t* охлаждающей среды при испытании на нагрев на основном ответвлении

Элементы трансформатора	Класс нагревостойкости	Превышение *t*, °С
Обмотки	А	60
	У	75
Обмотки	В	80
	F	100
	Н	125
Поверхности магнитной системы и элементов металлоконструкций	—	Не более, чем допустимо для соприкасающихся изоляционных материалов

Нормы нагрева

При установившихся токах КЗ *t* обмоток не должна превышать, °С:

Для масляных трансформаторов и трансформаторов с жидким диэлектриком с обмотками из меди	250
То же с обмотками из алюминия	200
Для сухих трансформаторов с обмотками из меди и изоляцией классов нагревостойкости:	
А	180
Е	250
В, F, Н	350
То же с обмотками из алюминия и изоляцией классов нагревостойкости:	
А	180
А, В, F, Н	200

Таблица 1.25

Допустимые температуры проводников

Вид и материал проводника	Длительно допустимая *t* жил по нормам $\vartheta_{ж.н}$, °С	Кратковременно допустимая *t* жил при перегрузках $\vartheta_{п}$, °С	Максимально допустимое превышение нагрева жилы* по нормам $\tau_{ж.max}$, °С
Шины и неизолированные провода			
медные	70	125	200
алюминиевые	70	125	150
стальные, непосредственно не соединенные с аппаратами	70	125	350
то же, непосредственно соединенные с аппаратами	70	125	250
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией:			
до 1–3 кВ	80	125	200/150
6 кВ	65	100	200/150
10 кВ	70	90	200/150
20 кВ	55	—	125/—
35 кВ	65	—	125/—

Вид и материал проводника	Длительно допустимая t жил по нормам $\vartheta_{ж.н}$, °С	Кратковременно допустимая t жил при перегрузках $\vartheta_п$, °С	Максимально допустимое превышение нагрева жилы* по нормам $\tau_{ж.max}$, °С
Кабели и провода с резиновой изоляцией:			
обычной	55	100	150/150
теплостойкой	65	110	150/150
Кабели и провода с ПВХ изоляцией	70	90	150/150
Кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией	70	80	120/120
* В числителе с медными, в знаменателе — с алюминиевыми жилами			

Допустимые температуры проводников при КЗ, °С

Шины:	
медные	300
алюминиевые	200
стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами	400
стальные с непосредственным присоединением к аппаратам	300
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией:	
до 10 кВ	200
20–220 кВ	125
Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией:	
ПВХ и резиновой	150
полиэтиленовой	120
Медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм^2:	
менее 20	250
20 и более	200
Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов	200

Таблица 1.26

Расчетные температуры среды

Место прокладки проводника	t среды по нормам, °С
Открытая и защищенная прокладка проводов, кабелей и шин в воздухе (внутри помещения)	25
Один кабель с бумажной изоляцией при прокладке в земле	15
То же в земле в трубах	25
Кабели с бумажной изоляцией независимо от их прокладки непосредственно в воде	15

Таблица 1.27

Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		–5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+54	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Таблица 1.28

Допустимые температуры нагрева жил кабелей и температурный коэффициент *k*т

Напряжение и тип изоляции кабеля	$\tau_д$, °C	$\tau_п$, °C	$\tau_к$, °C		$k_т$, А·с$^{1/2}$ мм^2	
			Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медные жилы	Алюминиевые жилы
Кабели с бумажной изоляцией для напряжения, кВ:						
До 3	80	125	200	150	165	95
6	65	100				
10	60	90				
Кабели с поливинилхлоридной изоляцией для напряжения, кВ:						
6	65	75	150	150	114	75
10					118	78
Кабели с полиэтиленовой изоляцией для напряжения, кВ:						
6	65	72	120	120	94	62
10					98	65
Примечание. $\tau_д$ — допустимая температура нагрева жилы кабеля при дополнительно допустимой нагрузке; $\tau_п$ — допустимая температура нагрева жилы при кратковременных перегрузках (до 4 мин); $\tau_к$ — максимально допустимая температура нагрева жилы при токах КЗ						

Таблица 1.29

Продолжительно допустимые температуры нагрева элементов электроустановок

Элемент электроустановки	$\vartheta_{прод.доп}$, °C	Основание
Провода и окрашенные шины неизолированные	70	ПУЭ, 7-е издание
Провода и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией	65	
Кабели до 10 кВ с изоляцией из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена	70	
Кабели до 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена	90	
Кабели с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги с напряжением:		
До 1 кВ	80	ГОСТ 8024–90
6 кВ	65	
10 кВ	60	
35 кВ	50	
Контакты из меди и медных сплавов без покрытия:		
в воздухе	75	
в элегазе	90	
в изоляционном масле	80	
Соединения (кроме сварных и паяных) из меди, алюминия и их сплавов без покрытия:		
в воздухе	90	
в элегазе	105	
в изоляционном масле	100	

Элемент электроустановки	$\vartheta_{прод.доп}$, °С	Основание
Выводы аппаратов из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с проводниками внешних электрических цепей:		
без покрытия	90	ГОСТ 8024–90
с покрытием оловом, никелем или серебром	105	
то же, но с покрытием контактной поверхности внешнего проводника серебром	120	
Материалы, используемые в качестве изоляции, и металлические детали в контакте с изоляцией следующих классов нагревостойкости:		
Y	90	ГОСТ 8024–90
A	105	
E	120	
B	130	
F	155	
H	180	
200	200	
220	220	
250	250	
Металлические детали или детали из изоляционных материалов, соприкасающиеся с маслом, за исключением контактов	100	
Масло в масляных коммутационных аппаратах в верхнем слое	90	
Токоведущие (за исключением контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части, не изолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами	120	

1.8. Режимы работы нейтрали

Выбор режима работы нейтрали электроустановок, которые по условиям электробезопасности разделяются ПУЭ на электроустановки напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ, должен осуществляться с учетом бесперебойности электроснабжения приемников электроэнергии, экономичности системы, надежности сетей, безопасности системы, минимума потерь электроэнергии, возможности ограничения коммутационных перенапряжений, снижения электромагнитных влияний на линии связи, избирательности действия релейной защиты и простоты ее выполнения, возможности удержания поврежденной линии в работе, предотвращения развития в сети феррорезонансных явлений, возможности дальнейшего развития системы без значительной реконструкции и др.

В электрических сетях России приняты следующие режимы работы нейтрали:

- изолированная нейтраль (небольшие емкостные токи замыкания на землю; напряжением 6 ÷ 35 кВ и 0,4 кВ);

– компенсированная нейтраль (определенные превышения значений емкостных токов; напряжения 6 ÷ 35 кВ);
– эффективно (глухо) заземленная нейтраль (большие токи замыкания на землю; напряжение 110 кВ; 0,4 кВ);
– высокоомное и низкоомное заземление нейтрали (напряжения 6, 10 кВ).

Таблица 1.30

Характеристика режима изолированной нейтрали

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ в течение ограниченного времени до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента	1. Высокая вероятность возникновения наиболее опасных дуговых перемежающихся ОЗЗ
2. Не требуются дополнительная аппаратура и затраты на заземление нейтрали	2. Высокая вероятность вторичных пробоев изоляции и перехода ОЗЗ в двойные и многоместные замыкания за счет перенапряжений до 3,5 $U_{ф\ max}$ при дуговых замыканиях
3. Возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ	3. Значительное (в несколько раз) увеличение действующего значения тока в месте повреждения при дуговых перемежающихся ОЗЗ за счет свободных составляющих переходного процесса
4. Безопасность длительного воздействия перенапряжений, возникающих в переходных режимах ОЗЗ, для элементов с нормальной изоляцией	4. Возможность существенных повреждений электрических машин током в месте повреждения, прежде всего, при дуговых перемежающихся ОЗЗ
5. Простое (в большинстве случаев) решение проблемы защиты и селективной сигнализации устойчивых ОЗЗ	5. Возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети и повреждений ТН
	6. Высокая степень опасности для человека и животных, находящихся вблизи места ОЗЗ
	7. Ограничения по величине $I_{c\Sigma}$ на развитие сети
	8. Высокая степень помех по ЛЭП при дуговых ОЗЗ

Таблица 1.31

Характеристика режима резонансного заземления нейтрали (компенсированная нейтраль)

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали через ДГР и устройства для автоматического правления настройкой компенсации
2. Уменьшение тока в месте повреждения (при резонансной настройке ДГР остаточный ток содержит только некомпенсируемые активную составляющую и высшие гармоники)	2. Трудности с решением проблемы защиты и селективной сигнализации ОЗЗ
3. Значительное снижение скорости восстановления напряжения на поврежденной фазе после обрыва дуги тока ОЗЗ.	3. Возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до 2,5 $U_{ф\ max}$

4. Высокая вероятность (с учетом пп. 2 и 3) самогашения дуги и самоликвидации большей части ОЗЗ (при ограниченных значениях остаточного тока в месте повреждения).	4. Увеличение вероятности возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ и максимальных перенапряжений на неповрежденных фазах до (2,6–3) $U_{ф\,max}$ при расстройках компенсации
5. Практически исключается возможность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ	5. Возможность (с учетом пп. 3 и 4) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией
6. Уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значений 2,5 $U_{ф\,ном}$ при первом пробое изоляции или дуговых прерывистых ОЗЗ	6. Невозможность скомпенсировать (без использования специальных устройств) в месте повреждения активную составляющую и высшие гармоники
7. Безопасность длительного воздействия перенапряжений в установившемся и переходном режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляцией.	7. Увеличение (с учетом п. 6) остаточного тока в месте повреждения с ростом суммарного емкостного тока сети $I_{c\Sigma}$
8. Исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети.	8. Ограничения (с учетом п. 7) на развитие сети
9. Уменьшение влияния дуговых ОЗЗ на линии связи	

Таблица 1.32

Характеристики режима высокоомного заземления нейтрали через резистор

Достоинства	Недостатки
1. Возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента (при ограниченных значениях тока замыкания в месте повреждения)	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали сети через резистор
2. Возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ (при ограниченных значениях тока ОЗЗ в месте повреждения)	2. Увеличение тока в месте повреждения
3. Практически исключается возможность возникновения дуговых перемещающихся ОЗЗ	3. Возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до 2,5 $U_{ф.ном}$
4. Уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значений 2,5 $U_{ф.ном}$ при первом пробое изоляции или дуговых прерывистых ОЗЗ)	4. Возможность (с учетом п. 3) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией
5. Безопасность длительного воздействия перенапряжений в переходных режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляцией	5. Ограничения на развитие сети по величине $I_{c\Sigma}$
6. Практически исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети	6. Утяжеление условий гашения дуги в месте повреждения по сравнению с сетями, работающими с изолированной нейтралью или с компенсацией емкостного тока ОЗЗ
7. Простое решение проблемы защиты и сигнализации устойчивых ОЗЗ	7. Большая мощность заземляющего резистора (десятки киловатт) и проблемы с обеспечением его термической стойкости при устойчивых ОЗЗ

Таблица 1.33

Характеристики режима низкоомного заземления нейтрали через резистор

Достоинства	Недостатки
1. Практически исключается возможность дальнейшего развития повреждения, например, перехода ОЗЗ в двойное замыкание на землю или междуфазное КЗ (при быстром отключении поврежденного элемента)	1. Дополнительные затраты на заземление нейтрали сети через резистор
2. Простое решение проблемы защиты от ОЗЗ	2. Невозможность работы сети с ОЗЗ
3. Полностью исключается возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ (при достаточном для их подавления значения накладываемого активного тока)	3. Увеличение числа отключений оборудования и линий из-за переходов кратковременных самоустраняющихся (при дуговых режимах заземления нейтрали) пробоев изоляции в полные (завершенные) пробои
4. Уменьшается длительность воздействия на изоляцию элементов сети перенапряжений на неповрежденных фазах в переходных режимах ОЗЗ	4. Возможность увеличения в некоторых случаях объема повреждения оборудования (из-за увеличения тока ОЗЗ)
5. Исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети	5. Возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ при недостаточно больших значениях накладываемого активного тока
6. Уменьшается вероятность поражения людей или животных током ОЗЗ в месте повреждения	6. Возможность вторичных пробоев в точках с ослабленной изоляцией за счет перенапряжений на неповрежденных фазах (при первом пробое изоляции до 2,5 $U_{ф.ном}$), до отключения защитой поврежденного элемента
	7. Увеличение числа отключений выключателей элементов сети

При глухом заземлении нейтрали замыкание одной фазы на землю является однофазным КЗ, характеризующимся большим током. Напряжение фаз по отношению к земле при этом не выше фазного номинального; исключаются перемежающиеся дуги. Однофазные КЗ отключаются автоматически. Отключение приводит к перерывам в электроснабжении потребителей.

Другим недостатком глухого заземления нейтрали является значительное усложнение и удорожание заземляющих устройств. Последнее связано с тем, что для системы с большим током замыкания на землю ПУЭ допускают максимальное сопротивление заземляющего контура 0,5 Ом, поэтому число заземляющих электродов должно быть значительным. Вследствие значительного тока однофазного КЗ, который может быть больше тока трехфазного КЗ, глухо заземляют не все нейтрали трансформаторов.

На основании рассмотрения достоинств и недостатков различных режимов работы нейтрали, удовлетворяющих в той или иной степени требованиям, предъявляемым к заземлению нейтрали, можно сделать следующие практические выводы.

В системах электроснабжения напряжением 6, 10, 20 и 35 кВ применяют изолированную нейтраль, если емкостные токи не превосходят при однофазных замыканиях на землю значений, установлен-

ных ПУЭ, в противном случае применяют нейтрали, заземленные через дугогасящие аппараты, компенсирующие емкостный ток замыкания на землю. При напряжениях 6 и 10 кВ нейтрали генераторов обычно заземляют через активное сопротивление. В системах напряжением 110, 220 кВ и выше применяют эффективно заземленную нейтраль. Глухозаземленную нейтраль при напряжениях до 1 кВ применяют в четырехпроводной системе напряжением 380/220 В, преимуществом которой является возможность питания от одной сети силовой и осветительной нагрузок, а также в трехпроводных системах постоянного тока. В трехфазных системах напряжением 380 и 220 В применяют как изолированную, так и глухозаземленную нейтраль. При повышенных требованиях безопасности (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт) применяют электроустановки с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, если их напряжение ниже 1 кВ, а в электроустановках постоянного тока того же напряжения изолируют среднюю точку.

Принятие решения по выбору режима работы нейтрали электроустановок должно основываться на рекомендациях ПУЭ.

2. Примеры расчетов

2.1. Выбор плавких предохранителей и автоматических выключателей

Пример 2.1. Магистральная линия силовой сети промышленного предприятия напряжением 380/220 В питает группу электродвигателей. Линия прокладывается в помещении бронированным трехжильным кабелем с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией при температуре окружающей среды 25°С. Длительный расчетный ток линии составляет 100 А, а кратковременный ток при пуске двигателей 500 А; пуск легкий.

Определить номинальный ток плавких вставок предохранителей типа ПН2, защищающих линию, и выбрать сечение кабеля для следующих условий:

- производственное помещение невзрывоопасное и непожароопасное, линия должна быть защищена от перегрузки;
- помещение пожароопасное, линия должна быть защищена от перегрузки;
- линия должна быть защищена только от токов КЗ.

Решение. Определяем величину номинального тока плавких вставок предохранителей, защищающих линию, по длительному току: $I_{вст} = 100$ А;

по кратковременному току: $I_{вст}$ = 500/2,5 = 200 А. Предохранитель типа ПН2-250 с плавкой вставкой на 200 А.

1. Для кабеля с бумажной изоляцией, защищаемого от перегрузки и проходящего в невзрывоопасном и непожароопасном помещении, значение коэффициента защиты (табл. 2.2) $k_з = 1$. При этом длительно допустимая токовая нагрузка на кабель $I_{доп} = k_з I_з = 1 \cdot 200 = 200$ А.

   Подбираем трехжильный кабель на напряжение до 3 кВ с алюминиевыми жилами сечением 120 мм^2 для прокладки на воздухе, для которого допустимая нагрузка $I_{доп}$ = 220 А.

2. Для кабеля, проходящего в пожароопасном помещении и защищаемого от перегрузки (табл. 2.36), $k_з = 1{,}25$; тогда $I_{доп} = 1{,}25 I_з = 1{,}25 \cdot 200 = 250$ А. В этом случае сечение кабеля принимаем равным 150 мм^2, $I_{доп}$ = 255 А.

3. Для кабеля, защищаемого только от токов КЗ, получим при $k_з = 0{,}33$ допустимый ток $I_{доп} = 0{,}33 I_{вст} = 0{,}33 \cdot 200 = 66$ А, .что соответствует сечению кабеля 50 мм^2 и $I_{доп}$ = 120.

Пример 2.2. От шин главного распределительного щита (рис. 2.1) получает питание силовой распределительный щит с автоматическими выключателями, к которому присоединяются шесть асинхронных электродвигателей (1–6) с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели 3 и 4 установлены во взрывоопасном помещении класса В1а, остальные электродвигатели, распределительные пункты и пусковая аппаратура — в помещении с нормальной средой. Технические данные электродвигателей приведены в табл. 2.1.

Режим работы двигателей исключает возможность длительных перегрузок, условия пуска легкие, самозапуск крупных двигателей исключен. Один из двигателей (*1* или *2*) находится в резерве, остальные двигатели могут работать одновременно.

Требуется определить номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и выбрать сечения проводов и кабеля из условий нагрева и соответствия токам расцепителей.

Решение. Так как температура воздуха в помещении равна 25°С, то поправочный коэффициент $k_п$ = 1, что учитывается при выбора сечений проводов и кабеля.

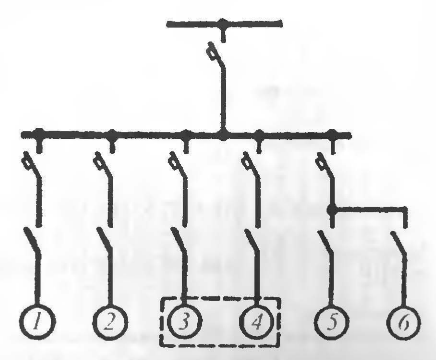


Рис. 2.1. **Схема к примеру 2.2**

Линия к электродвигателю *1* (или *2*). Выбираем комбинированный расцепитель (автоматический выключатель типа А3710Б на 160 А) по длительному току линии $I_{дл}$ = 73,1 А, равному в данном случае номинальному току электродвигателей (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Технические данные электродвигателей

Номер двигателя	Тип	Номинальная мощность	Номинальный ток, А	Кратность пускового тока	Пусковой ток, А
1	АО-82-4	40	73,1	6,0	437
2	АО-82-4	40	73,1	6,0	437
3	ВАО-72	30	69,0	6,5	448
4	ВАО-41	4	10,5	5,0	52,5
5	АО-51-4	4,5	7,7	6,0	46,2
6	АО-51-4	4,5	7,7	6,0	46,2

Таблица 2.2

Расчетные данные примера

Линия	Расчетный ток линии, А		Номинальный ток расцепителя, А		Уставка тока мгновенного срабатывания, А		Коэффициент защиты $k_з$	Допустимая токовая нагрузка на провод (кабель), А		Марка и сечение провода (кабеля), мм^2
	$I_{дл}$	$I_{кр}$	$I_{рас}$	$I_{пр}$	$I_{рас}$	$I_{пр}$		$I_{рас}$	$I_{пр}$	
К двигателю 1, 2	73,1	437	86	100	550	800	1	100	130	АПРТО-3 (1×50)
К двигателю 3:										
от силового пункта к пускателю	69	448	81,5	100	560	800	1	100	130	АПРТО-3 (1 ×50)
от пускателя к двигателю	86,3	—	—	—	—	—	1	100	100	ПРТО-3 (1 ×25)
К двигателю 4:										
от силового пункта к пускателю	10,5	46,2	12,4	15	58	430	1	15	19	АПРТО-3 (1 ×2,5)
от пуска к двигателю	13,1	—	—	—	—	—	1	15	25	ПРТО-3 (1 ×2,5)
К двигателям 5, 6	15,4	87,6	18	20	110	430	1	20	32	АПРТО-3 (1 ×4)
Магистраль от РП до РЩ	168	547	168	250	682	1600	0,66	168	190	ААБГ-3 × 95

Примечания:
1. К двигателям 4, 5 и 6 устанавливается автоматический выключатель типа А3710Б.
2. Обозначения токов: $I_{дл}$, $I_{кр}$, $I_{рас}$, $I_{пр}$ — соответственно длительный, кратковременный, расчетный и принятый

Таблица 2.3

Значение коэффициента защиты $k_з$

<table>
<tr><th rowspan="4">Ток и тип защитного аппарата</th><th colspan="4">Коэффициенты защиты $k_з$ или кратность длительно допустимых токов для сетей</th></tr>
<tr><th colspan="3">при обязательной защите от перегрузки</th><th rowspan="3">не требующих защиты от перегрузки</th></tr>
<tr><th colspan="2">провода с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией</th><th rowspan="2">кабели с бумажной изоляцией</th></tr>
<tr><th>взрыво- и пожароопасные помещения, жилые, торговые помещения и т.п.</th><th>невзрыво- и непожароопасные производственные помещения промышленных предприятий</th></tr>
<tr><td>Номинальный ток плавкой вставки предохранителей</td><td>1,25</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>0,33</td></tr>
<tr><td>Ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель</td><td>1,25</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>0,22</td></tr>
<tr><td>Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя и нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr>
<tr><td>Ток трогания расцепителя автоматического включателя с регулируемой, обратно зависимой от тока характеристикой (при наличии на автоматическом выключателе отсечки ее кратность тока не ограничивается</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>0,8</td><td>0,66</td></tr>
<tr><td colspan="5">Коэффициенты защиты могут выражаться в процентах</td></tr>
</table>

При выборе номинального тока электромагнитного расцепителя автоматического выключателя, встроенного в шкаф, следует учитывать тепловой поправочный коэффициент 0,85. Таким образом, $I_{ном.эл}$ = 73,1/0,85 = 86 А.

Выбираем расцепитель с номинальным током 100 А и током мгновенного срабатывания 1600 А.

Устанавливаем невозможность срабатывания автомата при пуске: $I_{ср.эл}$ = 1,25·437 = 550 А; 1600 А > 550 А.

Для линий, идущих к электродвигателям, установленным в невзрывоопасном помещении, сечения проводов подбирают по длительному току, исходя из условия $I_{доп}$ > Iдл, с их последующей проверкой $I_{доп} > k_з I_з$. Следовательно, $I_{доп}$ > 73,1 А.

Подбираем одножильный провод с алюминиевыми жилами марки АПРТО сечением 25 мм^2, для которого допустимая токовая нагрузка равна 80 А. Проверяем выбранное сечение по коэффициенту защиты аппарата. Так как в автоматических выключателях серии А3700 ток уставки не регулируется, то кратность допустимого тока линии должна определяться по отношению к номинальному току расцепителя, в данном случае равному $I_з$ = 100 А. Находим значение $k_з$ для сетей, не требующих защиты от перегрузки для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой $k_з$ = 1.

Подставляя числовые значения в соотношение $k_з I_з$ = 1·100 = 100 А > $I_{доп}$ = 80 А, находим, что требуемое условие не выполняется.

Поэтому окончательно выбираем сечение провода равным 50 мм^2/$I_{доп}$ = 130 А, для которого условие $I_{доп} > k_з I_з$ выполняется, так как 130 А > 1·100 А.

Для остальных линий результаты расчетов приведены в табл. 2.2 и ниже даются только пояснения, связанные с особенностями каждой линии.

Линия к электродвигателю *3*. Двигатель *3* установлен во взрывоопасном помещении класса В1а, в связи с чем: 1) за расчетный ток при выборе сечения линии принимается номинальный ток двигателя, увеличенный в 1,25 раза; 2) не разрешается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами; следовательно, линия от магнитного пускателя до электродвигателя должна быть выполнена проводом с медными жилами (марки ПРТО).

Линия к электродвигателю *4*. Сечение провода ПРТО от магнитного пускателя до двигателя принято равным 2,5 мм^2, так как меньшее сечение для силовых сетей во взрывоопасных помещениях не допускается ПУЭ.

Линии к электродвигателям *5* и *6*. Расчетный ток линии определяется суммой токов двигателей *5* и *6*.

Магистральная линия. Расчетная длительно допустимая токовая нагрузка линии определяется суммой токов всех электродвигателей, за исключением тока одного из электродвигателей (*1* или *2*):

$$I_{дл} = 73{,}1 + 69 + 10{,}5 + 2\cdot 7{,}7 = 168 \text{ А}.$$

Кратковременная токовая нагрузка определяется из условий пуска двигателя *3*, у которого толчок пускового тока наибольший:

$$I_{кр} = 448 + 73{,}1 + 10{,}5 + 2\cdot 7{,}7 = 547 \text{ А}.$$

Выбираем электромагнитный расцепитель автоматического выключателя АВМ-4С на 400 А по длительному току линии из условия $I_{ном.а} = 400 \text{ А} > I_{дл} = 168$ А.

Кратковременная токовая нагрузка определяется из условий пуска двигателя *3*, у которого толчок пускового тока наибольший:

$$I_{кр} = 448+73{,}1 + 10{,}5+ 2\cdot 7{,}7 = 547 \text{ А}.$$

Выбираем ток срабатывания по шкале, зависимой от тока характеристики, 250 А и по шкале, не зависимой от тока характеристики (отсечка с выдержкой времени) 1600 А.

Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске двигателя *3*:

$$I_{ср.эл} = 1{,}25\, I_{кр};\ 1600 > 1{,}25\cdot 547 = 682 \text{ А}.$$

По длительному току линии $I_{дл}$ = 168 А подбираем трехжильный кабель с алюминиевыми жилами на напряжение до *3* кВ сечением 95 мм^2, с допустимой нагрузкой 190 А.

Для сетей, не требующих защиты от перегрузки, при токе срабатывания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой, обратно зависимой от тока характеристикой $I_{ср.эл}$ = 250 А и $k_з$ = 0,66 (табл. 2.3) $I_{доп} > k_з I_з = 190 > 0{,}66\cdot 250 = 165$ А. Следовательно, требуемое условие выполняется. Расчетные данные примера приведены в табл. 1.25.

2.2. Определение сечений проводов и жил кабелей

1. Определение сечений проводов и жил кабелей по длительно допустимому току

Расчет электрических сетей в этом случае сводится к подбору проводников таких сечений, длительные токовые нагрузки которых равны расчетным токам данного участка сети или больше их.

В разделе 1 приведены длительно допустимые токовые нагрузки неизолированных и изолированных проводов и кабелей для нормаль-

ных условий прокладки. При других условиях необходимо учитывать поправочные коэффициенты на температуру земли и воздуха (табл. 2.27). Выбранные таким образом проводники проверяют затем на потерю напряжения.

Пример 2.3. Рассчитать по длительно допустимому току трехфазную кабельную линию, проложенную в земле в одной траншее с двумя другими кабелями для питания цеховой электроустановки. Расчетная мощность установки $P = 120$ кВт, напряжение $U = 380$ В, $\cos\varphi = 0{,}8$.

Расстояние между кабелями (число кабелей 3) составляет 100 мм.

Решение. Определяем расчетный ток

$$I_{\text{р}} = \frac{P}{\sqrt{3}\,U\cos\varphi} = \frac{120\cdot 1000}{\sqrt{3}\cdot 380\cdot 0{,}8} = 225\ \text{А}.$$

Поправочный коэффициент на число работающих кабелей составляет 0,85 (раздел 1).

По расчетному току $I_{\text{р}} = 225$ А выбираем трехжильный кабель с медными жилами марки СБГ сечением 3×50 мм^2. Допускаемая нагрузка $I_{\text{доп}}$ с учетом поправочного коэффициента 0,85 составит:

$$I_{\text{доп}} = 235\cdot 0{,}85 = 200\ \text{А}.$$

$I_{\text{р}} = 225\ \text{А} > I_{\text{доп}} = 200$ А, что не удовлетворяет требованиям расчета. Поэтому следует взять кабель большего сечения.

Выбираем кабель СБГ 3×70 мм^2.

Допускаемая нагрузка составит:

$$I_{\text{доп}} = 285\cdot 0{,}85 = 242\ \text{А}.$$

$I_{\text{р}} = 225\ \text{А} < I_{\text{доп}} = 242$ А, что удовлетворяет требованиям расчета.

2. Определение сечений проводов и жил кабелей по допустимой потере напряжения

Выбор сечения проводов и жил кабелей сети по допустимой потере напряжения заключается в том, чтобы отклонения напряжения присоединенных к этой сети токоприемников не выходили за пределы допускаемого.

По нормам допускаются следующие пределы отклонений напряжения на зажимах токоприемников:

- для ламп освещения жилых зданий, аварийного и наружного освещения, выполненного светильниками, ±5%;
- для ламп рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также прожекторных установок наружного освещения ±5%, –2,5%;

– для электродвигателей ±5%; в отдельных случаях для электродвигателей допускается отклонение выше номинального до +10%.

В связи с этим каждый участок линии необходимо проверить на допустимую потерю напряжения.

Допустимая потеря напряжения $\Delta U_д$ в сети не нормируется. Она должна быть такой, чтобы отклонения напряжения на зажимах токоприемников не превышали указанных выше значений.

Потеря напряжения ΔU в трехфазной линии определяется по формулам:

– к линии в конце присоединена одна нагрузка:

$$\Delta U = \sqrt{3} Il \left(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi \right), \text{ В},$$

– к линии по ее длине присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_0^n Il \left(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi \right), \text{ В},$$

где I — ток, протекающий по расчетному участку, А;

l — длина расчетного участка линии, км;

r_0 — активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

x_0 — индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

φ — угол сдвига фаз между током и напряжением в электроприемнике.

Значения r_0 и x_0 для медных, алюминиевых и стальных проводов приведены в разделе 1.

Потерю напряжения ΔU в линии трехфазного тока низкого напряжения небольшой протяженности, выполненной медными или алюминиевыми проводами, можно определять по упрощенным формулам:

– нагрузка в конце линии:

$$\Delta U = \frac{Pl}{U\gamma s}, \text{ В},$$

– нагрузки присоединены по длине линии;

$$\Delta U = \frac{\sum_0^n Pl}{U\gamma s}$$

где P — расчетная мощность на участке, Вт;

l — длина расчетного участка линии, м;

U — напряжение, В;

γ — удельная электрическая проводимость провода, м/Ом·мм^2;

s — сечение провода, мм^2.

Потерю напряжения ΔU в линии постоянного или однофазного переменного тока низкого напряжения, выполненной медными или алюминиевыми проводами, можно определять также по упрощенным формулам:

$$\Delta U = \frac{2Pl}{U\gamma s}, \text{ или } \Delta U = \frac{2\sum_{0}^{n} Pl}{U\gamma s}, \text{ В.}$$

Пример 2.4. Определить сечение трехфазной воздушной линии для передачи мощности 30 кВт, присоединенной в конце линии. U = 380 В, длина линии 250 м, ΔU = 5%, cosφ = 0,8. Провода медные, γ = 57 м/Ом·мм^2.

Решение. Потеря напряжения в вольтах:

$$\Delta U = \frac{\Delta U\% \cdot U}{100} = \frac{5 \cdot 380}{100} = 19 \text{ В.}$$

Сечение провода линии:

$$s = \frac{Pl}{U\gamma\Delta U} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 250}{380 \cdot 57 \cdot 19} = 18{,}2 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод марки М-25.

Проверяем по длительно допустимому току:

$$I_\text{р} = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi} = \frac{30 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}8} = 57 \text{ А.}$$

Допустимая нагрузка 180 А.

Пример. 2.5. Рассчитать воздушную трехфазную линию напряжения 660 В для передачи по стальным проводами мощности S = 10 кВ·А при cosφ = 0,8, длина 0,5 км. Допустимая потеря напряжения $\Delta U_\text{д}$ = 40 В.

Решение. Определяем расчетный ток:

$$I_\text{р} = \frac{S}{\sqrt{3}\, U} = \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660} = 8{,}7 \text{ А.}$$

Задаемся стальным многопроволочным проводом ПС-25. Находим r_0 = 5,45 Ом/км, x_0 = 0,84 Ом/км.

Потеря напряжения в вольтах:

$$\Delta U = \frac{Sl}{U}\left(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi\right) = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5}{660}\left(5{,}45 \cdot 0{,}8 + 0{,}84 \cdot 0{,}6\right) = 36 \text{ В,}$$

$$\Delta U_\text{в} = 40 \text{ В} > \Delta U = 36 \text{ В.}$$

Выбранное сечение провода соответствует условию потери напряжения.

Проверка на длительно допустимый ток. Длительно допустимый ток провода ПС-25 составляет 60 А. Таким образом, провод выбран с запасом.

Пример 2.6. Выбрать сечение кабельных линий на напряжение 10 кВ, питающих потребителей 1 категории и имеющих расчетную нагрузку $S_р = 5500$ кВ·А. Значение тока КЗ на шинах источника питания равно 8,45 кА, приведенное время КЗ $t_п = 1.25$ с. Длина питающих линий составляет $l = 0,5$ км, $\cos\varphi = 0,8$; время использования максимума потерь $T_п = 500$ ч. Подключение кабельных линий к РУ осуществляется через масляные выключатели.

Решение.

1. Для потребителей 1 категории с целью обеспечения требуемой надежности питания принимаем две параллельно проложенные в траншее кабельные линии с расстоянием между ними 10 мм.
2. Определяем расчетные токи в нормальном $I_р$ и аварийном $I_{р.ав}$ режимах (когда одна из линий отключилась).

$$I_р = \frac{S_р}{2\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{5500}{2 \cdot 1,73 \cdot 10} = 159 \text{ А};$$

$$I_{р.ав} = \frac{S_р}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{5500}{1,73 \cdot 10} = 318 \text{ А}.$$

3. Выбираем кабель марки ААБл — с алюминиевыми жилами, изоляцией жил из пропитанной бумаги в алюминиевой оболочке, бронированной стальными лентами, с подушкой из битума.
4. Выбираем сечение жил кабельных линий, учитывая допустимую перегрузку в аварийно режиме и снижение допустимого тока в нормальном режиме при прокладке кабелей в одной траншее. Пусть время ликвидации аварии равно 6 ч, а коэффициент загрузки линий в нормальном режиме равен 0,6. В соответствии с табл. раздела 1 допустимая перегрузка составляет 1,25. Коэффициент снижения токовой нагрузки $k_{с.н}$ из табл. раздела 1 составляет 0,9. Допустимый ток кабельных линий определяем из соотношения

$$1,25 \cdot 0,9 I_{доп} = I_{р.ав};$$

$$I_{доп} = I_{р.ав}/(1,25 \cdot 0,9);$$

$$I_{доп} = 282 \text{ А}.$$

По табл. раздела 1 принимаем сечение жил трехфазного кабеля равным 185 мм^2 ($I_{доп} = 310$ А).

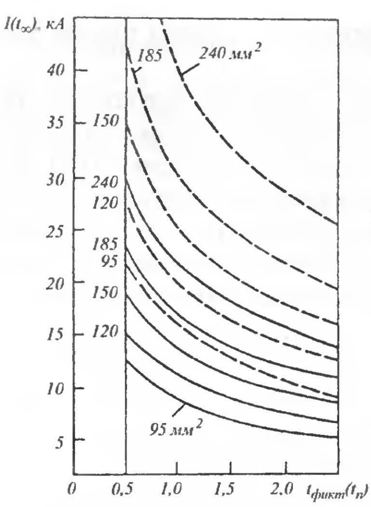


Рис. 2.2. Термическая стойкость кабелей 6–10 кВ сечением 95–240 мм² ($t_{\text{фикт}}$ определяется временем действия)

5. Определим термически стойкое с током КЗ сечение $s_т$

$$s_т = I_\infty \frac{\sqrt{t_п}}{k_т} = 8450 \frac{\sqrt{1{,}24}}{95} = 99{,}5 \text{ мм}^2$$

где I_∞ — установившееся значение тока КЗ, А;

$t_п$ — приведенное (фиктивное) время КЗ, с;

$k_т$ — температурный коэффициент, равный 95 (табл. раздела 1).

Можно определить $s_т$ по графику (рис. 2.2), зная $t_п = 1{,}25$ с и $I_\infty = 8450$ А. Ближайшее меньшее стандартное сечение составляет 95 мм².

Если известен тепловой импульс $B_к$, то $s_т$ можно определить по формуле:

$$s_т = \frac{\sqrt{B_к}}{C_т}.$$

Здесь $B_к \approx I_к^2 (t_к + T_а)$; $I_к = I_\infty$; $t_к$ — действительное время КЗ, можно принять $t_к = t_п$; $T_а$ — постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, обычно равная $0{,}005 \div 0{,}2$ с; $C_т$ — коэффициент, значения которого приведены ниже:

	$C_т$, Ас$^{1/2}$/мм²
Шины медные	170
Шины алюминиевые	90
Шины стальные при $\vartheta_{\text{кр.доп}} = 400$°C	70
Шины стальные при $\vartheta_{\text{кр.доп}} = 300$°C	60
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение по 10 кВ:	
с медными жилами	140
с алюминиевыми жилами	90
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 20–220 кВ:	
с медными жилами	105
с алюминиевыми жилами	70
Кабели и изолированные провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией:	
с медными жилами	120
с алюминиевыми жилами	75
Кабели и изолированные провода с полиэтиленовой изоляцией:	
с медными жилами	103
с алюминиевыми жилами	65

1. На основе п. 4 и п. 5 выбираем сечение 185 мм² и определяем потери напряжения:

– в нормальном режиме

$$\Delta U_{\text{н}} = \sqrt{3} I_{\text{р}} l \left(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi \right) =$$

$$= 1{,}73159 \cdot 0{,}5(0{,}167 \cdot 0{,}8 + 0{,}077 \cdot 0{,}6) = 24{,}7 \text{ В};$$

– в аварийном режиме

$$\Delta U_{\text{ав}} = \sqrt{3} I_{\text{р.ав}} l \left(r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi \right) =$$

$$= 1{,}73 \cdot 318 \cdot 0{,}5(0{,}167 \cdot 0{,}8 + 0{,}077 \cdot 0{,}6) = 49{,}4 \text{ В},$$

где r_0 и x_0 принимаем по табл. раздела 1.

Из расчетов видно, что потери напряжения в линии незначительны, следовательно, напряжение у потребителей практически не будут отличаться от номинального.

2. Определяем потери мощности в линии при действительной нагрузке:

$$\Delta P_{\text{д}} = \Delta P_{\text{ном}} k_{\text{з}}^2 = 3\left(I'_{\text{доп}} \right)^2 r_0 k_{\text{з}}^2 10^{-3} =$$

$$= 3 \cdot 279^2 \cdot 0{,}167 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}57^2 \cdot 10^{-3} = 6{,}34 \text{ кВт},$$

где $\left(I'_{\text{доп}} \right)^2 = k_{\text{с.н}} I_{\text{доп}} = 0{,}9 \cdot 310 = 279$ А;

$k_{\text{с.н}} = 0{,}9$;

$$k_{\text{з}} = \frac{I_{\text{р}}}{I'_{\text{доп}}} = \frac{159}{279} = 0{,}57.$$

Потери электроэнергии в линии составят:

$$\Delta W_{\text{а}} = \Delta P_{\text{д}} T_{\text{п}} = 6{,}34 \cdot 5000 = 31700 \text{ кВт·ч/год}.$$

2.3. Общие выводы по выбору сечений жил кабелей напряжением выше 1 кВ

Выбор сечений жил кабельных линий производится по экономической плотности тока jэк, значения которых установлены в ПУЭ. Они зависят от материала, конструкции провода, продолжительности использования максимума нагрузки $T_{\max}$ и региона, характеризующегося стоимостью топлива.

Экономически целесообразное сечение определяют предварительно по расчетному тому линии $I_{\text{расч.норм}}$ нормального режима и экономической плотности тока $j_{\text{эк}}$:

$$s_{\text{эк}} = I_{\text{расч.норм}} / j_{\text{эк}}.$$

Найденное расчетное сечение округляется до ближайшего стандартного.

Для обеспечения нормальных условий работы кабельных линий и правильной работы защищающих аппаратов выбранное сечение должно быть проверено по допустимой длительной нагрузке по нагреву в нормальном и послеаварийном режимах, а также по термической стойкости при токах КЗ.

Проверка по допустимой токовой нагрузке по нагреву в нормальном и послеварийном режимах производится по условию:

$$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{доп.факт}},$$

где $I_{\text{расч}}$ — расчетный ток для проверки кабелей по нагреву;

$I_{\text{доп.факт}}$ — фактическая допустимая токовая нагрузка.

Расчетный ток линии $I_{\text{расч}}$ определяется как:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{каб}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}},$$

где $S_{\text{каб}}$ — мощность, которая передается по кабельной линии в нормальном или послеаварийном режиме работы;

$U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение сети.

Проверка сечений по термической стойкости проводится после расчетов токов КЗ.

Линии систем электроснабжения длиной менее 1 км по потерям напряжения не проверяются.

Если длина кабельной линии напряжением выше 1 кВ превышает 1 км, то потери напряжения ΔU_{nk} на неразветвленном участке линии от узла n до узла k с сопротивлением $R_{nk} + jX_{nk}$ при протекании мощности $P_{nk} + jQ_{nk}$:

$$\Delta U_{nk} = \frac{P_{nk}R_{nk} + Q_{nk}X_{nk}}{U_{\text{ном}}}.$$

При длине участка L_{nk} и определенного для данного класса номинальных напряжений удельного индуктивного сопротивления x0 сечение участка линии, выбираемого по допустимой потере напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$, определяется из выражения

$$s\Delta U = \frac{P_{nk}L_{nk}\rho_0}{U_{\text{ном}}} \cdot \frac{1}{\left(\Delta U_{\text{ном}} - \Delta U_{\text{доп}X}\right)},$$

где ρ_0 — удельное активное сопротивления для выбранного материала проводника, для алюминия $\rho_0 = 31{,}5$ Ом·м^2 на 1 км;

$\Delta U_{\text{доп}X}$ — потери напряжения, обусловленные реактивными мощностями сопротивлениями,

$$\Delta U_{\text{допX}} = \frac{Q_{nk} L_{nk} x_0}{U_{\text{ном}}}.$$

Из пяти полученных по расчетам сечений — по экономической плотности тока, нагреву в нормальном и послеаварийных режимах, допустимым потерям напряжения и термической стойкости токам КЗ — принимается наибольшее как удовлетворяющее всем условиями.

2.4. Общие выводы по выбору сечений жил неизолированных проводов воздушных линий напряжением выше 1 кВ

Сечения проводов выбирают в зависимости от напряжения, расчетной токовой нагрузки, района по гололеду, материала и цепности опор.

Выбранное сечение провода должно быть проверено по допустимой токовой нагрузке по нагреву:

$$I_{\text{п.а}} = I_{\text{доп.факт}},$$

где $I_{\text{п.а}}$ — расчетный ток в послеаварийном режиме для проверки проводов по нагреву;

$I_{\text{доп.факт}}$ — допустимые длительные токовые нагрузки.

Фактическую допустимую токовую нагрузку неизолированных проводов в нормальном и послеаварийном режимах работы определяют по выражению

$$I_{\text{доп.факт}} = I_{\text{доп.табл}} k_v k_{\text{пер}}.$$

Под допустимой нагрузкой неизолированных проводов по условиям нагрева понимается токовая нагрузка, повышающая температуру провода до предельного значения 70°C при полном безветрии и температуре окружающей среды +25°C. Значения допустимого тока $I_{\text{доп.табл}}$ приводятся в справочниках в зависимости от марки провода.

В табл. 2.4 приведены поправочные коэффициенты k_v при температурах воздуха, отличных от +25°C.

Таблица 2.4

Поправочные коэффициенты k_v

Температура воздуха, °C	–40	–30	–20	–10	0	+25	+50
Поправочный коэффициент k_v	1,56	1,5	1,4	1,3	1,25	1,0	0,7

В условиях эксплуатации ток, проходящий по проводам воздушной линии, меняет свое значение в течение времени, соответственно меняются потери активной мощности и температура нагрева провода, следовательно, меняется и его длина. В связи с этим меняется стрела провеса, определяющая основной габарит — расстояние от низшей точки подвеса провода до земли.

При выборе сечений проводов воздушной линии необходимо учитывать ограничения по условиям коронирования и механической прочности. Так, при номинальном напряжении линии 110 кВ наименьшее допустимое сечение сталеалюминевых проводов по условиям коронирования 70 мм^2; при напряжении 220 кВ — 240 мм^2. Наименьшие допустимые сечения проводов воздушных линий напряжением 1...35 кВ по условиям механической прочности — 25 мм^2. Для сталеалюминевых проводов рекомендуется применять марку АСО при сечении 240 мм^2 и марку АС при сечении 185 мм^2 при расчетной толщине гололеда до 20 мм, марку АСУ — для всех сечений при расчетной толщине гололеда более 20 мм.

Расчетная токовая нагрузка воздушной линии определяется по выражению:

$$I_р = I_5 \alpha_i \alpha_t,$$

где α_i — коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии, значение а, принимается равным 1,05;

α_t — коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки линии T_{max} и коэффициент ее попадания в максимум нагрузки энергосистемы, $\alpha_t = 1$ при $T_{max} = 5500$ ч.

Ток линии на пятый год ее эксплуатации в нормальном эксплуатационном режиме I_5 определяется по выражению:

$$I_5 = \frac{S}{\sqrt{3} n_ц U_{ном}};$$

где S — полная мощность, передаваемая по линии;

$n_ц$ — количество цепей линии.

2.5. Выбор сечений проводов и жил кабелей напряжением до 1 кВ с учетом выбора защиты

Сечение проводов и жил кабелей напряжением до 1 кВ по условию нагрева определяют в зависимости от расчетного значения допустимой длительной нагрузки при нормальных условиях прокладки из двух соотношений:

– по условию нагрева длительным расчетным током

$$I_{норм.доп} = I_{дл.р}/k_{прокл},$$

где $I_{норм.доп}$ — допустимый ток кабеля или провода в нормальном режиме;

$I_{дл.р}$ — длительный расчетный ток линии;

$k_{прокл}$ — поправочный коэффициент на условия прокладки;

– по условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{норм.доп} = (I_{защ}k_{защ})/k_{прокл},$$

где $I_{защ} = I_{ном.вст}$, если линия защищается предохранителем;

$I_{защ} = I_{сраб}$, если линия защищается автоматическим выключателем;

$k_{защ}$ — кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата.

Согласно ПУЭ, защите от перегрузки и токов КЗ подлежат: сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными, незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой; сети внутри помещений, выполненные защищенными проводниками, проложенными в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т. п., в следующих случаях:

– осветительные сети в жилых и общественных зданиях, а также в пожароопасных производственных помещениях;
– силовые сети, когда по условиям технологического процесса может возникнуть длительная перегрузка;
– сети всех видов во взрывоопасных помещениях независимо от условий технологического процесса.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от токов КЗ, в частности, кабели и проводники в трубах в невзрывоопасных помещениях.

Если допустимая токовая нагрузка, найденная по условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты, не совпадает с данными таблиц допустимых токовых нагрузок, разрешается применение проводника меньшего сечения. Однако это сечение не должно быть меньше требуемого при определении допустимой нагрузки по условию нагрева длительным расчетным током.

Сечение проводов и жил кабелей для ответвления к одиночному двигателю с короткозамкнутым ротором во всех случаях выбирается по условию нагрева длительным расчетным током. При этом длительный расчетный ток линии $I_{дл.р}$ для невзрывоопасных помещений равен номинальному току двигателя:

$$I_{ном.дв} = I_{дл.р};$$

для взрывоопасных помещений:

$$1{,}25 I_{ном.дв} = I_{дл.р}.$$

Пример 2.7. Определить потерю напряжения в воздушной линии трехфазного тока, выполненной алюминиевыми проводами сечением 10 мм^2 при $U_{ном}$ = 380 В, если на линии имеются нагрузки: 10; 5 и 2,5 кВт с расстояниями их до питательного пункта соответственно 50, 80 и 120 м, при cosφ = 0,8.

Решение:

- активное сопротивление r_0 линии сечением 10 мм^2 равно r_0 = 3,14 Ом/км;
- индуктивное сопротивление x_0 линии по среднему значению составляет x_0 = 0,4 Ом/км. Тогда потеря напряжения будет равна:

$$\Delta U\,\% = \frac{10^5}{U^2_{ном}\cos\varphi}\left(r_0\cos\varphi + x_0\sin\varphi\right)\sum_1^3 P_i l_i = \frac{10^5}{380^2\cdot 0{,}8}(3{,}14\cdot{,}8 +$$
$$+\, 0{,}4\cdot{,}6)\cdot(10\cdot{,}05 + 5\cdot{,}08 + 2{,}5\cdot{,}12) = 2{,}13\ \%.$$

Таблица 2.5

К расчету троллейной линии

Параметры троллеев			Параметры подпитки		Наивыгоднейшее отношение $\gamma = \frac{z_п}{z_т}$
размеры угловой стали, мм	сопротивление $z_т$, Ом	потеря напряжения $\Delta U_т$ при cosφ = 0,5, В/км	размеры алюминиевой ленты	сопротивление $z_п$, Ом	
50×50×5	2,08	3,32	20×3	0,583	0,280
			30×3	0,425	0,204
			40×3	0,348	0,167
			50×3	0,320	0,154
			60×3	0,248	0,119
			80×3	0,210	0,101

Пример 2.8. Рассчитать подпитку при напряжении линии 380 В, длина линии от ТП до точки присоединения к троллею $l_ф$ = 60 м, длина троллейной линии, выполненной из угловой стали 50×50×5, от точки присоединения фидера до наиболее удаленной точки троллеев — $l_т$ = 110 м, максимальном токе нагрузки I_{30} = 120 А, при пиковом токе $I_п$ = 355 А, cosφ = 0,5, допустимой потере напряжения ΔU_0 = 5,7%, или 21,7 В.

Решение. Максимальная величина тока, которая допускается в троллейной линии, исходя из $\Delta U_т$ = 3,32 В (табл. 2.5):

$$I_{п.т} = \frac{\Delta U_0}{\Delta U_т l_т 10^3} = \frac{21{,}7}{3{,}32 \cdot 110 \cdot 10^{-3}} = 65,$$

где ΔU_0 — допустимая потеря напряжения, В;

$\Delta U_т$ — то же, на 1 км линии;

$l_т$ — длина троллейной линии от точки питания до наиболее удаленного конца, км.

При этом ток подпитки в ленте $I_{п.л} = I_п - I_{п.т} = 355 - 65 = 290$ А.

Наивыгоднейшее соотношение токов

$$\gamma = \frac{z_п}{z_т} = \frac{I_{п.т}}{I_{п.л}} = \frac{65}{290} = 0{,}222.$$

Соответственно по табл. 2.5 подбираем ближайшее значение $\gamma = 0{,}204$, при котором размер алюминиевой ленты будет 30×3 мм.

3. Обозначение элементов электрических схем

Вид элемента	Код
Генератор:	G
постоянного тока	G
переменного тока	G
Синхронный компенсатор	GC
Трансформатор	T
Автотрансформатор	T
Выключатель в силовых цепях:	Q
автоматический	QF
нагрузки	QW
обходной	—
секционный	QB
шиносоединительный	QA
Электродвигатель	M
Сборные шины	—
Отделитель	QR
Короткозамыкатель	QN
Разъединитель	QS
Рубильник	QS
Разъединитель заземляющий	QSG
Линия электропередачи	W
Разрядник	F
Плавкий предохранитель	F
Реакторы	LR
Аккумуляторная батарея	G

Вид элемента	Код
Конденсаторная силовая батарея	CB
Зарядный конденсаторный блок	CG
Трансформатор напряжения	TV
Трансформатор тока	TA
Электромагнитный стабилизатор	TS
Промежуточный трансформатор:	TL
насыщающийся трансформатор тока	TLA
насыщающийся трансформатор напряжения	TLV
Измерительный прибор:	P
амперметр	PA
вольтметр	PV
ваттметр	PW
частотометр	PF
омметр	PR
варметр	PVA
часы, измеритель времени	PT
счетчик импульсов	PC
счетчик активной энергии	PI
счетчик реактивной энергии	PK
регистрирующий прибор	PS
Резисторы	R
терморезистор	RK
потенциометр	RP
шунт измерительный	RS
варистор	RU
реостат	RR
Преобразователи неэлектрических величин в электрические:	B
громкоговоритель	BA
датчик давления	BP
датчик скорости	BR
датчик температуры	BT
датчик уровня	BL
сельсин датчик	BC
датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR
пьезоэлемент	BQ
фотоприемник	BL
тепловой датчик	BK
детектор ионизирующих элементов	BD
микрофон	BM
звукосниматель	BS
Синхроноскоп	PS
Комплект защит	AK
Устройство блокировки	AKB
Устройство автоматического повторного включения	AKC
Устройство сигнализации однофазных замыканий на землю	AK
Реле:	K

Вид элемента	Код
блокировки	KB
блокировки от многократных включений	KBS
блокировки от нарушения цепей напряжения	KBV
времени	KT
газовое	KSG
давления	KSP
импульсной сигнализации	KLH
команды «включить»	KCC
команды «отключить»	KCT
контроля	KS
сравнения фазы	KS
контроля сигнализации	KSS
контроля цепи напряжения	KSV
мощности	KW
тока	KA
напряжения	KV
указательное	KH
частоты	KF
электротепловое	KK
промежуточное	KL
напряжение прямого действия с выдержкой времени	KVT
фиксации положения выключателя	KQ
положение выключателя «включено»	KQC
положения выключателя «отключено»	KQT
положение разъединителя повторительное	KQS
фиксации команды включения	KQQ
расхода	KSF
скорости	KSR
сопротивления, дистанционная защита	KZ
струи, напора	KSH
тока с насыщающимся трансформатором	KAT
тока с торможением, балансное	KAW
уровня	KSL
Контактор, магнитный пускатель	KM
Устройства механические с электромагнитным приводом:	Y
электромагнит	YA
включения	YAC
отключения	YAT
тормоз с электромагнитным приводом	YB
муфта с электромагнитным приводом	YC
электромагнитный патрон или плита	YH
электромагнитный ключ блокировки	YAB
электромагнитный замок блокировки:	
разъединителя	Y
заземляющего ножа	YG
короткозамыкателя	YN

Вид элемента	Код
отделителя	YR
тележки выключателя КРУ	YSQ
Фильтр реле напряжения	KVZ
мощности	KWZ
тока	KAZ
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных:	S
рубильник в цепях управления	S
выключатель и переключатель (ключ цепей управления)	SA
ключ, переключатель режима	SAC
выключатель кнопочный	SB
переключатель блокировки	SAB
выключатель автоматический	SF
переключатель синхронизации	SS
выключатель, срабатывающий от различных воздействий:	
от уровня	SL
от давления	SP
от положения (путевой)	SQ
от частоты вращения	SR
от температуры	SK
переключатель измерений	SN
Вспомогательный контакт выключателя	SQ
Вспомогательный контакт разъединителя	SQS
Испытательный блок	SG
Устройства индикационные и сигнальные:	H
прибор звуковой сигнализации	HA
прибор световой сигнализации	HL
индикатор символьный	HG
табло сигнальное	HLA
Приборы электровакуумные и полупроводниковые:	V
диод	VD
стабилитрон	VD
выпрямительный мост	VC
тиристор	VS
транзистор	VT
прибор электровакуумный	VL
Лампа осветительная	EL
Лампа сигнальная:	HL
с белой линзой	HLW
с зеленой линзой	HLG
с красной линзой	HLR
Конденсатор	C
Индуктивность	L
Сопротивление (для эквивалентных схем) полное:	Z
активное	R
реактивное	X

Вид элемента	Код
емкостное	XC
индуктивное	XL
Устройства разные	A
Устройство зарядное:	A
связи	AU
Усилитель	A
Устройство комплексное (низковольтное):	A
пуска осциллографа	AK
Преобразователи электрических величин в электричестве:	U
модулятор	UB
демодулятор	UR
дискриминатор	UI
преобразователь частоты, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
Схемы интегральные, микросборки:	D
схема интегральная аналоговая	DA
схема интегральная цифровая, логический элемент	DD
устройство хранения информации	DS
устройство задержки	DT
Соединения контактные:	X
токосъемник, контакт скользящий	XA
штырь	XP
гнездо	XS
соединение разборное	XT
соединитель высокочастотный	XW
Элементы разные:	E
нагревательный элемент	EK
пиропатрон	ET
Фильтр тока обратной последовательности	ZA2
Фильтр напряжения обратной последовательности	ZV2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Справочная книга электрика** / Под ред. В.И. Григорьева.– М.: Колос, 2004.
2. **Киреева Э.А.** Справочные материалы по электрооборудованию.– М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004.
3. **Электроснабжение** и электрооборудование жилых и общественных зданий. Григорьев В.И., Киреева Э.А., Минтюков А.П., Чохонелидзе А.Н. — М.: Энергоиздат, 2003.
4. **Электроснабжение** и электрооборудование цехов. Григорьев В.И., Киреева Э.А., Миронов В.А., Чохонелидзе А.Н. — М.: Энергоиздат, 2003.
5. **Киреева Э.А., Юнес Т., Айюби М.** Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. — М.: Энергоатомиздат, 1998.
6. **Кудрин Б.И.** Электроснабжение промышленных предприятий. — М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
7. **Каталог** изделий ОАО «ПО Элтехника». — СПб., 2006.
8. **Воробьев М.Н., Апольцев Ю.А.** Вакуумные выключатели нового поколения и их обслуживание // Электрика, 2003, № 1.
9. **Трансформатор** напряжения типа НАМИТ-10-2 УХЛ2.Каталог ОАО «Самарский трансформатор», 2006.
10. **Информационные материалы** ВНИЦ ВЭИ, 2004.
11. **Конюхова Е.А.** Электроснабжение объектов. — М.: Мастерство, 2001.
12. **Степанов Ю., Овчинников А.** Трансформаторы напряжения контроля изоляции 6–10 кВ // Новости электротехники, 2003, № 6(24).
13. **Силовые трансформаторы.** Каталог Минского электротехнического завода, 2006.
14. **Новейшие технологии в мире кабелей,** Каталог компании «АББ Москабель», 2005.
15. **Каталог** ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод», 2006.
16. **Каталог** ОАО «Усть-Каменогорский конденсаторный завод», 2006.
17. **Каталог** ЗАО «Завод Москабель», 2006.
18. **Каталог** РК «Таврида электрик», 2006.
19. Каталог ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока», 2006.
20. **Киреева Э.А., Цырук С.А.** Электроснабжение жилых и общественных зданий. — НТФ «Энергопрогресс», 2005.
21. **Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения.** Справочное пособие / В.И.Григорьев, Киреева Э.А., Миронов В.А., Чохонелидзе А.Н. — М.: Колос, 2006.
22. **Справочник энергетика** / Под ред. А.Н.Чохонелидзе. — М.: Колос,2006
23. **E-Line KB. Шинопроводные системы закрытого типа.** — ВСК Электро, Москва, 787–9160.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел первый
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО И ВЫШЕ 1 КВ

Раздел второй
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Справочное издание

Киреева Эльвира Александровна
Гусев Лев Викторович
Харитон Александр Григорьевич
Чохонелидзе Александр Николаевич
Цырук Сергей Александрович

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА

Редактор издательства *А.Б.Желдыбин*
Компьютерная верстка *А.А. Пименов*

Подписано в печать 11.11.07. Формат 60×90 1/16
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл.-печ. л. 29,00. Уч.-изд. л. 29,00. Тираж 3000 экз.
Заказ № 1614

Федеральное государственное унитарное
ордена Трудового Красного Знамени
предприятие «Издательство «Колос»
107996 Москва, ул. Садовая-Спасская, 18
Наш сайт в интернете: *www.koloc.ru*

Отпечатано в ГУП «Клинцовская городская типография».
243140, г. Клинцы, Брянская обл., пер. Богунского полка, 4а.
Тел. (48336) 4-24-56, 4-04-18, 4-35-89.